

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. C. Korth
und der Klinik für Herz- und Gefäßkrankheiten der KVB
Chefarzt: Prof. Dr. H. Klepzig

**Eine vereinfachte Methode
zur röntgenologischen Herzvolumenbestimmung**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Vorgelegt von
Karl Watzke
aus Karbitz



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. C. Korth
und der Klinik für Herz- und Gefäßkrankheiten der KVB
Chefarzt: Prof. Dr. H. Klepzig

**Eine vereinfachte Methode
zur röntgenologischen Herzvolumenbestimmung**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Vorgelegt von
Karl Watzke
aus Karbitz



Dekan: Prof. Dr. med. W. Schiefer
Referent: Prof. Dr. med. H. Klepzig
Coreferent: Prof. Dr. med. C. Korth
Tag der mündlichen Prüfung 23. 2. 1971

Inhalt

1. Einleitung	Seite	1
2. Methoden zur röntgenologischen Herz- volumenbestimmung und ihre Fehlerbreite	Seite	3
3. Eigene Methodik		
a) Krankengut	Seite	15
b) Herzvolumenbestimmung in Bauchlage	Seite	15
c) Herzvolumenbestimmung im Sitzen und Stehen	Seite	21
d) Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage	Seite	30
e) Statistische Methodik	Seite	39
4. Ergebnisse	Seite	41
5. Diskussion	Seite	43
6. Zusammenfassung	Seite	50
7. Literaturverzeichnis	Seite	52

Einleitung

Die intravitale Herzgröße des Menschen wird von anatomischen und funktionellen Faktoren bestimmt. Bei der röntgenologischen Beurteilung der Herzgröße müssen diese Faktoren berücksichtigt werden. Der Herzschatten im sagittalen Röntgenbild ist eine Projektion einer dreidimensionalen Herzfigur, die aus Herzhöhlen, Herzmuskulatur und Perikard gebildet wird, auf eine zweidimensionale Fläche, die über die räumliche Ausdehnung des Herzens naturgemäß nur ungenaue Auskunft geben kann. Für die Beurteilung der Herzgröße muß das Volumenmaß die entsprechende Maßeinheit darstellen. Außerdem ist dabei zu beachten, daß die Herzgröße Schwankungen unterworfen ist, die im wesentlichen durch orthostatische Einflüsse hervorgerufen werden, und beim selben Patienten zu verschiedenen Zeiten wenige Milliliter bis mehrere Hundert Milliliter betragen kann. (59), (91), (104), (108), (117), (118), (131), (148), (161), (165). Obwohl in der Literatur sowohl über die Verwendung des Volumenmaßes in der Herzgrößenbeurteilung, als auch über die orthostatischen Einflüsse auf die Herzgröße Übereinstimmung herrscht, wird in Klinik und Praxis heute noch immer häufig die Unsicherheit der ein- bzw. zweidimensionalen Herzgrößenbeurteilung in Kauf genommen und dabei vielfach noch zusätzlich die Änderung der Herzgrößenverhältnisse durch orthostatische Einflüsse unberücksichtigt gelassen. Die Ergebnisse dieser Art Herzgrößenbestimmungen sind unsicher, was Reproduzierbarkeit und Genauigkeit betrifft und für wissenschaftliche und klinische Zwecke unzureichend.

Eine Ursache für die relativ geringe Verbreitung einer Methode, die mit ausreichender Genauigkeit die Herzgröße mittels Volumenmaß unter Berücksichtigung der orthostatischen Einflüsse zu messen imstande ist, ist nicht das Fehlen einer solchen Methode, sondern der relativ große apparative Aufwand, der zu ihrer Anwendung bis jetzt notwendig ist.

Die vorliegende Untersuchung will anhand einer Serie von Herzvolumenbestimmungen ermitteln, ob die zur Zeit geeigneteste Methode zur Größenbestimmung des Herzens bei Verringerung des apparativen Aufwandes die gleiche Genauigkeit erzielt.

I. Methoden zur röntgenologischen Herzvolumenbestimmung

Moritz (105) hat als erster in der Röntgenologie das Volumenmaß für die Herzmessung benutzt. Vorher hatten schon insbesondere Anatomen und Pathologen die linearen Maße für die Herzmessung, wie sie Ende des vergangenen Jahrhunderts noch verwendet wurden, abgelehnt und gefordert, daß Angaben über die Herzgröße in Gewicht oder Volumen erfolgen müßten. (111), (173).

In der Folge wurden von verschiedenen Autoren Verfahren entwickelt, die die Herzgröße mittels röntgenologischer Herzvolumenbestimmung ermittelten. Im wesentlichen sind es 3 Methoden.

1. Modellmethode

Es wird eine plastische Nachbildung des Herzens angefertigt und dessen Wasserverdrängung ermittelt. Die Maße für das Herzmodell erhält man durch verschiedene röntgenologische Herzprojektionen, wobei die Untersuchungsverhältnisse, Röhrenfokus-Herz-Röntgenplatte im entsprechenden Maßstab auf das Modell übertragen werden. (79), (118), (100). Dieses Verfahren, das zeitraubend und umständlich ist, dabei einen großen Aufwand verlangt, wurde bereits 1906 von Moritz entwickelt, der die ersten Herzmodelle aus seinen Orthodiagrammen konstruierte. (106), (109). Später wurde diese Methode in Italien insbesondere von Palmieri angewandt. (131), (136). Andere Autoren, die sich mit der Anfertigung von Herzmodellen befaßten, waren Lysholm (100), Schatzki (157) und

Brednow (17). In Deutschland erlangte die Methode von Büchner und Griese (20), (21), (22), (23) aus Erlangen, die auf demselben Prinzip beruht, praktische Bedeutung. In modifizierter Form wurde sie ebenfalls von Doerr und Egidy (33) beschrieben, wobei letztere die Patienten im Liegen untersuchten, um die orthostatischen Einflüsse auszuschalten. Diese letzteren Verfahren gelten als die zur Zeit kompliziertesten und genauesten Modellmethoden. Sie sind angebracht für die Beantwortung spezieller insbesondere wissenschaftlicher Fragestellungen, bei denen Kompliziertheit und Aufwand der Methode eine untergeordnete Rolle spielen. Für die Belange der Praxis, insbesondere größerer Reihenuntersuchungen konnten sie sich nicht durchsetzen. Nach Zdanski (184) liegt die Bedeutung der plastischen Nachbildung des Herzens vor allem im didaktischen Wert dieser Methode.

2. Tomografische Methode

Die Herzgröße wird aus Abmessungen verschiedener Herzschnitt-aufnahmen berechnet. Diese Methode beruht auf dem Prinzip, daß das Gesamtvolumen eines beliebig geformten Körpers aus der Summe parallel geschnittener Teile desselben errechnet werden kann. Dieses Verfahren, daß von Broustet et al. (19) und von Fuchs und Bayer (46) 1953 zum ersten Mal beschrieben worden ist und später von Braun (15) modifiziert wurde, hat den Vorteil, daß es die individuelle Herzform gut erfaßt. Die Problematik dieser Methode liegt in der Abgrenzung der Herzfigur vom Gefäßband und die Berechnung des ersten und letzten

Anschnitts, in der relativ großen Strahlenbelastung des Patienten und in dem großen Zeitaufwand. Aus diesen Gründen konnte sich auch dieses Verfahren für die Belange der Praxis und für den klinischen Routinebetrieb nicht durchsetzen. Sie wurde von verschiedenen Autoren, jedoch vielfach benutzt, um andere Methoden der Herzgrößenmessung zu prüfen. (39), (49), (50), (51).

3. Geometrische Methode

Die geometrische Methode der Herzgrößenbestimmung geht davon aus, daß der Inhalt eines Körpers von beliebiger Form gleich der Flächengröße seiner Parallelprojektion und der mittleren linearen Ausdehnung in der Projektionsrichtung ist. Die Schwierigkeit hierbei ist die Bestimmung der mittleren linearen Ausdehnung in der Projektionsrichtung, da sie von der Form des Körpers abhängig ist und das Herz in seiner Form weder einer Kugel, noch einem Ellipsoid noch einem Paraboloid gleichgesetzt werden kann. Doch Rohrer (153) und Kahlstorf (67) haben unabhängig voneinander eine Formel entwickelt, die von der Annahme ausgeht, das Herz nehme eine Mittelstellung zwischen Kugel und Paraboloid bzw. Ellipsoid und Paraboloid ein. Die Formel lautet:

Das Herzvolumen ist gleich dem Produkt der Herzfläche der Parallelprojektion mit dem größten linearen Tiefendurchmesser in Projektionsrichtung und einem Korrektionsfaktor.

Also: $HV = Fa \cdot t_{\max} \cdot k$

Hierbei bedeuten:

Fa entspricht der röntgenografisch bestimmten Herzfläche auf

der dorso-ventralen Sagittalaufnahme. Sie wird nach van Zwaluwenburg (188) sowie Ungerleider und Gubner (176) nach der Flächenformel der Ellipse berechnet.

$t_{\max}$ entspricht der größten linearen Tiefe in der Projektionsrichtung: Also der größte Tiefendurchmesser in der frontalen Aufnahme.

k ist eine Konstante, die durch Interpolierung der Korrektionsfehler eines Ellipsoids = 0,66 und eines Paraboloids = 0,59 mit 0,63 errechnet wurde. Durch diese Konstante soll die Tatsache, daß das Herz weder ein Ellipsoid noch eine Paraboloid ist ausgeglichen werden.

Nach Ungerleider und Gubner (176) beträgt der Unterschied der so errechneten Fläche von dem planimetrisch ausgemessenen Herzschaten im Röntgenbild weniger als 3 %. Frisch und Kaltenbach wiesen nach, daß bei Verwendung anderer als der geometrischen Achsen der Ellipse erhebliche Fehler bei der Herzflächenberechnung auftreten (43). Ausgehend von der oben beschriebenen Formel hat sich in Deutschland insbesondere der Freiburger cardiologische Arbeitskreis um die Weiterentwicklung der Herzvolumenbestimmung bemüht. Entscheidend war die Modifizierung der Rohrer-kahlstorf-Formel auf die Verhältnisse der Herzfernaufnahme von Müsshoff und Reindell (117). Die Herzfernaufnahme wurde bereits von Köhler (84) für die Herzgrößenbestimmung empfohlen, weil dabei die Röntgenstrahlen annähernd parallel laufen und somit eine Verzerrung der Aufnahmen durch divergierende Strahlen weitgehend vermieden wird.

Musshoff und Reindell (117) benutzten für die sagittale Aufnahme und für die frontale Aufnahme eine Entfernung von 2 m. Unter Berücksichtigung des Focus-Film-Abstandes und des Herzens vom Film, der nach Nylin (130) für die Sagittalaufnahme 10 cm und für die Frontalaufnahme 20 cm beträgt, kamen sie zu ihrer Formel

$$HV = L \cdot b \cdot t_{\max} \cdot 0,4$$

Diese Modifikation der Rohrer-Kahlstorfschen Formel für die Belange der Fernaufnahmen (Focus-Filmabstand 2m) hat sich in der Praxis am meisten und am besten bewährt, wegen der relativen Einfachheit gegenüber den anderen Methoden und durch die Exaktheit und Reproduzierbarkeit ihrer Ergebnisse, die wiederholt geprüft und bestätigt wurden. (23),(39),(51),(49),(85),(103),(113),(117),(118). Während Rohrer (153) und Kahlstorf(67), Nylin (130), Brousset (19), Büchner(22), Sauer (15), Ludwig (96), Jonsell (64) u.a. ihre Herzgrößenbestimmungen im Stehen durchführten, besteht neuerdings Übereinstimmung darüber, daß die Herzvolumenbestimmungen am liegenden Patienten durchgeführt werden sollen. Seit den Untersuchungen von Moritz (108),(109) ist bekannt, daß das Herz im Liegen größer ist als im Stehen. Später wurden von Nylin (131), Schlomka (159), Zdanski (185), Kjellberg (72), Sjöstrand (164), (165),(166), H. Linderholm und T. Strandell (93), sowie Meythaler et al. (103), Dietlen (29),(30),(31) und Musshoff et al. (116),(117),(118),(119) Herzvolumenbestimmungen im Liegen und Stehen beim selben Patienten durchgeführt, die über-

einstimmend zu dem Resultat kamen, daß verläßliche und reproduzierbare Ergebnisse nur erreicht werden, wenn die Herzvolumenbestimmung beim liegenden Patienten durchgeführt werden, da in aufrechter Körperstellung infolge orthostatischer Einflüsse eine Verkleinerung des Herzens eintritt, deren Streubreite groß ist, und deren jeweiliges Ausmaß unterschiedlich und im voraus nicht bestimmbar ist. Im Liegen jedoch fallen die orthostatischen Einflüsse auf die Herzgröße fort. Das Herz erreicht in dieser Lage seine derzeit maximale Größe, die, solange keine anderen Einflüsse wirksam werden, konstant bleibt. Schlomka (159), Klepzig und Frisch (79) sehen dabei in der Bauchlage Vorteile: Das Herz liegt an der tiefsten Stelle des Körpers, was eine maximale Füllung begünstigt. Lind (92), Mushoff und Reindell (117), (118) ziehen die Rückenlage vor, da sie prinzipiell keine anderen Ergebnisse bringe. Zwar ist die Vorderfläche des Herzens bei der Bauchlage durch das breite Aufliegen auf der vorderen Thoraxinnenwand größer als in der Rückenlage, doch wird dies durch den entsprechend größeren Tiefendurchmesser des Herzens bei der Rückenlage ausgeglichen. Vergleichsuntersuchungen in Rücken- und Bauchlage von Mushoff und Reindell 1956 durchgeführt (117), wiesen eine geringe beidseitige Streuung um den Mittelwert der Streubreite auf. Die t-Werte der Studentischen Verteilung dieser Differenzen waren jedoch so klein, daß die Ergebnisse der Herzvolumenbestimmung in Rücken- und Bauchlage als identisch anzusehen sind. Zu ähnlichen Ergebnisse kamen auch König et al. (85).

In dem Bestreben, die maximale Füllung des Herzens bei der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung zu erfassen, liegt es nahe, die Volumenunterschiede, die bei einer Herzrevolution auftreten, zu berücksichtigen. (25), (26), (97), (15), (64), (88), (103). Nach Jonsell (64) beträgt der Unterschied zwischen 9 % und 23 %. Meythaler et al. (103) fanden einen Unterschied im Mittel von 5,52 %. Diese Unterschiede können mit Sicherheit vermieden werden durch einen Herzphasenkorrektor, der die Röntgenaufnahme kurz vor Beginn der Vorhofkontraktion auslöst. Doch schon Jonsell (64) wies darauf hin, daß bei Expositionen, die unabhängig vom Herzrhythmus erfolgen, die Differenzen sehr gering sind, da die Belichtung selten simultan mit der größten systolischen Kontraktion abläuft. Wenn die beiden Aufnahmen, die zur Volumenbestimmung benötigt werden, nacheinander erfolgen, wird die Fenlerbreite so gering, daß ein zusätzlicher technischer Aufwand zur Eliminierung dieser Differenz keinen entsprechenden Gewinn bringt. (79), (92), (117).

Die Fehlerbreite der röntgenologischen Herzvolumen-
bestimmung

Neben jenen Fehlern, die bei nicht sachgemäßer Durchführung der Herzvolumenbestimmung auftreten (methodische Fehler) bestehen bei der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung nach der von Rohrer-Kahlstorf entwickelten und für die Belange der Fernaufnahme von Musshoff-Reindell modifizierten Methode prinzipiell 2 Fehlerquellen.

1. Die Herzform ist bei jedem Menschen anders und stellt nie einen geometrisch definierten Körper dar. Die Annahme, daß die Herzgestalt eine Zwischenform ist, die in der Mitte zwischen Paraboloid und Ellipsoid liegt, beinhaltet im Einzelfall eine Fehlermöglichkeit, die bis zu 5 % betragen kann. (66), (88), (118).
2. Die Abgrenzung der Herzfläche auf der sagittalen und frontalen Röntgenaufnahme von der Nachbarschaft bereitet unterschiedliche Schwierigkeiten. In der Regel ist es eine subjektive Ermessensfrage, ob einige Millimeter mehr oder weniger berechnet werden. Die Fehlerbreite, die bei der Abgrenzung und Ausmessung des Herzschatzens auf der sagittalen und frontalen Röntgenaufnahme besteht, kann hier ebenfalls jeweils bis zu 5 % betragen. (67), (118).

Damit kann die absolute Fehlerbreite, bei Berücksichtigung und Addierung aller theoretischen und subjektiven Fehlermöglichkeiten im Extremfall bis zu 15 % betragen. Die Möglichkeit, daß alle Fehler im Einzelfall additiv auf-

treten, ist jedoch nur theoretischer Natur. Die Wahrscheinlichkeit, daß sich einzelne Fehler gegenseitig aufheben, ist dagegen groß. Das beweisen die Ergebnisse der verschiedenen Prüfungen des Verfahrens, die von vielen Autoren durchgeführt wurden. Schon 1932 hat Kahlstorf (67) an 12 anatomischen Präparaten die Fehlerbreite der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung geprüft, wobei er auch die Lagevariationen des Herzens am Lebenden berücksichtigte. Der Vergleich der Ergebnisse der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung mit dem durch Wasserverdrängung ermittelten Volumen betrug nicht mehr als $\pm 5\%$, wobei eine unterschiedliche Herzlage das Ergebnis praktisch unbeeinflusst ließ.

Nach Lysholm et al. traten bei Vergleichsuntersuchungen, die nach der Methode Rohrer-Kahlstorf errechnet wurden, mit Herzmodellen, die nach der Lysholm'schen Methode hergestellt wurden, Differenzen bis maximal 3% auf. (101).

Friedmann hat von 45 Herzen postmortal in situ das Herzvolumen röntgenologisch bestimmt und anschließend in Zusammenarbeit mit Wahlgren die Wasserverdrängung der seziierten Herzen gemessen. Die mittlere Differenz des röntgenologisch ermittelten Herzvolumen zu dem durch Wasserverdrängung errechneten betrug $2,7\%$. (41), (42). Lind (92) hat die gleiche Kontrollmethode wie Friedmann bei Herzen von Säuglingen und Kleinkindern angewandt. Er fand eine mittlere Differenz von $0,45\text{ ml}$. Gebhardt (51) hat die Ergebnisse seiner eigenen tomografischen Methode der Herzvolumenbestimmung mit der Methode wie sie Kuschhoff und Reindell in Freiburg anwenden

anhand von 25 normalen Herzen und 25 Herzvitien verglichen und dabei keinen systematischen Unterschied der Ergebnisse feststellen können. (Tabelle 1). Vergleichende Untersuchungen des Herzvolumens wurden ebenfalls von Fontanille (39) durchgeführt. Auch er fand eine gute Übereinstimmung der tomografischen Methode mit der Methode nach Rohrer-Kahlstorf bzw. Musshoff-Reindell. (Tabelle 2).

	n	Methode Gebhardt/Musshoff Volumen($\bar{x}$)		Sicherung der Unterschiede	
				t	p
Normale Herzen	25	756	724	2,318	p 0,05 kein Untersch.
Kranke Herzen	25	1011	984	1,514	p 0,10 kein Untersch.

Tbl. 1. Die Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung der tomografischen Methode von Gebhardt mit der Methode von Musshoff-Reindell (51)

n	methodes	x(ml)	Sx	r
50	Tomographie	951	350,20	
50	Ludwig	1115	414,68	0,967
50	Rohrer - Kahlstorf	878	326,45	0,967
50	Liljestrand Kjellberg	925	345	0,967

Tbl. 2. Ergebnisse des Vergleichs verschiedener Methoden der Herzvolumenbestimmung (39)

Eine andere Möglichkeit, die Fehlerbreite der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung zu untersuchen, sind Doppelbestimmungen. Kahlstorf (67) fand 1932 bei 10 Doppelbestimmungen in 8 Fällen eine Differenz von unter 5 %. Nur in 2 Fällen lag der Unterschied mit 7,3 % und 6,89 % höher. Liljestrand et al. (91) fand 1939 bei 10 Doppelbestimmungen eine Differenz der Mittelwerte von 4,7 %. Axén et al. (4) haben 1946 27 Doppelbestimmungen durchgeführt. Bei einem mittleren Herzvolumen von 809 ml betrug der Variationskoeffizient für die einzelnen Bestimmungen 3,3 %. Lusschhoff und Reindell (117) fanden bei 20 Personen (10 Herzgesunde und 10 Herzkranke) bei denen das Herzvolumen 3 bis 6 mal im Liegen, in gleicher Atemstellung und ohne die Phase der Herzrevolution zu berücksichtigen, eine durchschnittlichen Abweichung von 3 bis 3,5 %, bei einer Schwankungsbreite zwischen 2,2 % und 9,1 %. Leythaler et al. (103) haben 20 Herzvolumenbestimmungen vom gleichen Untersucher zweimal durchgeführt und 10 Herzvolumenbestimmungen von 2 verschiedenen Untersucherherzen durchführen lassen. Die Doppelbestimmungen durch den gleichen Untersucher ergaben eine mittlere Abweichung von $\pm 1,44$ %. Die größte Abweichung betrug 3,33 %, die kleinste 0,19 %. Die Herzvolumenbestimmungen, die jeweils von 2 Untersuchern unabhängig voneinander durchgeführt wurden, ergaben eine mittlere Abweichung von 2,28 %. Die größte Abweichung betrug 3,75 %, die kleinste 0,71 %. Lind (92) errechnete bei 32 Doppelbestimmungen bei Kindern eine Abweichung, die im Mittel 2,73 % betrug. Frisch und Kaltenbach (43) verglichen das Herzvolumen

von 100 Patienten, das sie nach der Formel von Ausshoff und Reindell ermittelten, mit dem Herzvolumen der gleichen Patienten, das sie durch planimetrische Ausrechnung ermittelten und fanden einen Unterschied, der im Mittel $\pm 0,13$ % betrug. Die größte Abweichung betrug 2,73 %.

Eigene Methodik

a) Krankengut

Aus dem Krankengut unserer Klinik haben wir für die vorliegende Untersuchungsreihe von 117 Patienten insgesamt 262 Herzvolumenbestimmungen durchgeführt. Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug 52,7 Jahre. Der jüngste Patient war 21 Jahre alt, der älteste 66 Jahre. Entsprechend dem Charakter unserer Klinik waren die Patienten wegen folgender Diagnosen bei uns in Behandlung:

Herzvorderwandinfarkt	24
Herzhinterwandinfarkt	25
Hypertonie	17
Belastungscoronarinsuffizienz	8
Herzrhythmusstörungen	9
Aortenvitium	8
Mitralvitium	6
Myocarditis	5
WiW-Syndrom	1
Nicht cardiale Krankheiten	14
gesamt	117

b) Herzvolumenbestimmung in Bauchlage

Die Röntgenaufnahmen zur Herzvolumenbestimmung fertigten wir mit einem Röntgengerät an, das die Anwendung der Hartstrahltechnik ermöglichte. Der Spannungsbereich für unsere Aufnahmen lag zwischen 100 und 150 kV. Obwohl auch mit Weichstrahltechnik oft brauchbare Aufnahmen erreicht werden,

bietet die Hartstrahltechnik den Vorteil, durch Verkürzung der Belichtungszeit die Bewegungsunschärfe zu vermindern und dadurch bessere Schärfbedingungen herzustellen. Daneben wird die Hautbelastung des Patienten herabgesetzt und die Röhrenbelastung vermindert.

Da für die Herzvolumenbestimmung in Bauchlage zwei Aufnahmen, eine frontale und eine sagittale nötig sind, wurden diese Aufnahmen mit einem Röntgenapparat durchgeführt, der mit zwei Röhren ausgestattet war, um eine Umlagerung des Patienten zwischen beiden Aufnahmen zu vermeiden. beide Röhren standen in einem Winkel von 90° zueinander. Der Fokus-Film-Abstand betrug jeweils 2 m. Der zu untersuchende Patient befand sich auf einem Anstellttisch, der im rechten Winkel zum Bucky-Tisch stand, derart in Bauchlage, daß der Oberkörper auf dem Bucky-Tisch zu liegen kam. Dort war links vom Patienten in einer Bucky-Tisch-Aussparung ein Bucky-Wandstativ vertikal eingelassen. Der Patient wurde so gelagert, daß seine linke, also plattennahe Thoraxseite so nahe wie möglich an dieses Wandstativ heranreichte, wobei die Arme kopfwärts gehalten wurden und Kopf und Brust der Unterlage fest auflagen. Die Zentrierung erfolgte derart, daß bei der sagittalen Aufnahme mit einem Format 35 x 35 cm der Zentralstrahl die Dornfortsätze der Brustwirbelsäule in Nabelhöhe traf. (Bei sehr großen Patienten 1 cm höher, bei sehr kleinen Patienten 1 cm darunter.) Für die frontale Aufnahme galt sinngemäß das gleiche. Irgendwelche Stellungenkorrekturen wurden stets durch Verlagerung des Patienten

durchgeführt, Röntgenröhre,ucky-Tisch oder Kassetten wurden fixiert gehalten. Das Einlegen und Belichten der Kassetten erfolgte nacheinander, wobei es gleichgültig war, ob die sagittale oder die frontale Aufnahme zuerst angefertigt wurde. Allerdings wurde Wert darauf gelegt, daß nur die jeweils zu belichtende Kassetten eingelegt wurde und vor Einlegen der anderen Kassetten wieder entfernt wurde, da andernfalls durch Streustrahlung ein Kontrastverlust zu erwarten ist. Die Belichtungszeit wurde durch eine Ionisationskammer automatisch geregelt.

Zur besseren Erkennung der dorsalen Herzbegrenzung bekam jeder Patient vor der Belichtung einen Schluck eines röntgenpositiven Kontrastmittels. Auf diese Weise konnte die Herz-Hinterwand meist mühelos von dem Kontrastmittelbenetzten Ösophagus abgegrenzt werden.

Bei der Exposition wurde darauf geachtet, daß der Patient eine mäßige Inspirationsstellung einnahm, und den Mund leicht geöffnet hielt. Dies geschah dadurch, daß mit dem Patienten zunächst einmal geübt wurde. Er wurde aufgefordert, mit leicht geöffnetem Mund folgende Kommandos zu befolgen: Leicht einatmen! - Atem anhalten! - Ausatmen! Dieses Manöver wurde wiederholt, wobei dann unmittelbar nach dem Kommando Atem anhalten, belichtet wurde. Damit wurde vermieden, daß der Patient in die Bedingungen des Valsalvaschen oder Müllerschen Versuches geriet.

Für die Berechnung der Herzgröße wurde zunächst auf der Sagittalaufnahme die Konturen des Herzschatte nachgezeichnet. So entsteht eine ellipsenähnliche Figur, in

weiche die größte Länge und die größte Breite derart eingezeichnet werden, daß beide Linien senkrecht aufeinander stehen. Auf der frontalen Aufnahme wurde der größte Tiefendurchmesser des Herzschattens so ermittelt und eingezeichnet, daß von dem am weitesten nach dorsal reichenden Punkt zu dem am weitesten nach ventral gelegenen Punkt des Herzschattens eine Waagrechte gezogen wurde. (Siehe Abbildung 4).

Die so gewonnenen Größen aus der sagittalen und frontalen Aufnahme wurden in die Formel

$$HV = l \cdot b \cdot t_{\max} \cdot 0,4$$

eingesetzt. Das Ergebnis stellt das absolute Herzvolumen in Kubikzentimetern dar. Auf diese Weise wurde von jedem Patienten das Herzvolumen in Bauchlage bestimmt. Die Ergebnisse dienten als Bezugswerte für alle weiteren Herzvolumenbestimmungen.

Die Ausmessung und Berechnung erfolgte in Zusammenarbeit mit Dr. . . Frisch, Oberarzt in der Klinik für Herz- und Gefäßkrankheiten der KVB.

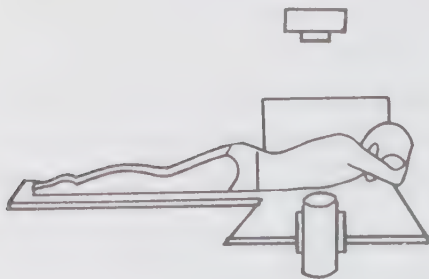


Abb. 1. Lagerung des Patienten zur Herzvolumenbestimmung in Bauchlage für die sagittale und frontale Aufnahme.

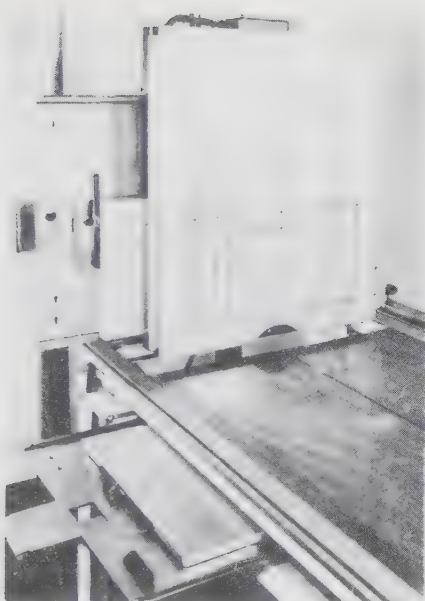


Abb. 2 Anordnung von Buckytisch und Buckywandstativ für die
Herzvolumenbestimmung in Bauchlage. (Aus Klepzig u. Frisch
über die röntgenologische Herzvolumenbestimmung und ihre
klinische Bedeutung) (77)

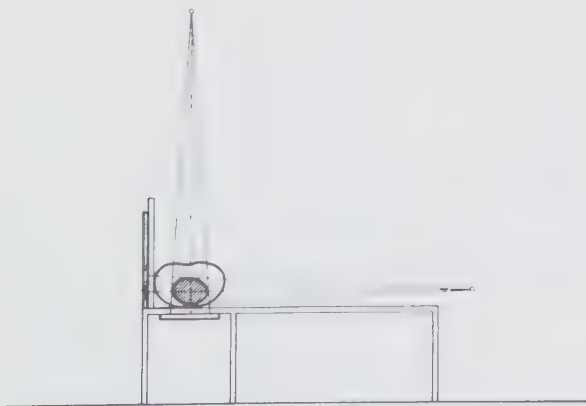


Abb. 3 Schematische Darstellung des Strahlengangs zur röntgeno-
logischen Herzvolumenbestimmung in Bauchlage.



Abb. 4. Schematische Darstellung der zur Ellipse ergänzten Herzkontur mit größtem Längen- und Breitendurchmesser im Sagittalbild.

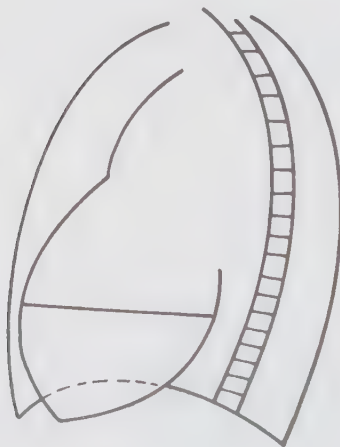


Abb. 5. Schematische Darstellung des größten queren Tiefendurchmessers im Frontalbild.

c) Herzvolumenbestimmung im Sitzen und im Stehen

Wenn Veränderungen der Herzgröße und der Herzform beim Übergang von einer Körperstellung (Liegen) in eine andere (Sitzen, Stehen) auftreten, dann sind sie im wesentlichen durch orthostatische Wirkungsmechanismen bedingt. Ihr Ausmaß hängt von verschiedenen Faktoren ab, z.B. Tonus der arteriellen und venösen Gefäße, morphologische Gefäßveränderungen (z.B. Varikosis), konstitutionelle Faktoren, Körpergröße u.a. Sie führen zu einer vermehrten Füllung des venösen Gefäßsystems. Dabei treten jedoch nur selten orthostatische Beschwerden auf, da sich sofort eine Gegenregulation einstellt, die das Restblut der Herzkammern und -vorhöfe mobilisiert und wobei auch die großen Lungenvenen ihre Depotfunktion beweisen und ihr Volumen zum Einsatz bringen. (63), (117), (148), (150), (158), (164), (165), (166), (179), (185). Diese Gegenregulation tritt sofort auf, und überbrückt so die Zeit bis es zu weiteren zentralnervös gesteuerten Regulationen kommt, deren Wirkung erst nach mehreren Sekunden zur Entfaltung kommt. Orthostatische Beschwerden müssen dann erwartet werden, wenn das Sofortdepot des Kreislaufs, also das Restblut in den Herzhöhlen und in den großen Lungenvenen, nicht ausreicht. (148), (150). Durch den weitgehenden Auswurf des Restblutes und der damit verbundenen verstärkten Kontraktion des Herzmuskels ist die Verringerung der Herzgröße und die Veränderung der Herzform in aufrechter Stellung zu erklären. Durch das Einwirken zentralnervös gesteuerter Einflüsse mittels sympathikotoner Einstellung des großen Kreislaufs, bei dem es zu einer Verkleinerung des Windkessels und einer Erhöhung des peripheren Widerstandes kommt, bleibt die Veränderung von Größe und Form

des Herzens in aufrechter Stellung weitgehend erhalten.

(117), (118), (119).

Wir haben von 21 Patienten eine Herzvolumenbestimmung im Liegen und gleich anschließend in sitzender Position durchgeführt. Von 6 dieser Patienten wurde zusätzlich noch das Herzvolumen im Stehen bestimmt. Außerdem standen uns noch von 6 Patienten Röntgenaufnahmen zur Herzvolumenbestimmung in liegender, sitzender und stehender Position zur Verfügung, die aus einer noch unveröffentlichten Serie von Frisch und Kaltenbach stammen. Durch diese Untersuchungsreihe wollten wir feststellen, ob die Herzgröße beim Übergang vom Liegen zum Sitzen in gleichem Maße den orthostatischen Einflüssen unterliegt, wie beim Übergang vom Liegen zum Stehen. Die Herzvolumenbestimmung im Sitzen und Stehen hatte den Vorteil, daß nur eine Röntgenröhre benötigt wurde, was bei solchen Röntgenräumen von entscheidender Bedeutung ist, bei denen es nicht möglich ist, zwei Röntgenröhren in einem Winkel von 90° jeweils in 2 m Entfernung von dem auf dem Bucky-Tisch befindlichen Patienten zu halten. Es wurde also nur eine Röntgenröhre verwendet; für die frontale Aufnahme mußte sich der Patient um 90° nach rechts drehen. Alle anderen Untersuchungsbedingungen wurden wie vorher bei der Herzvolumenbestimmung im Liegen beschrieben, unverändert beibehalten.

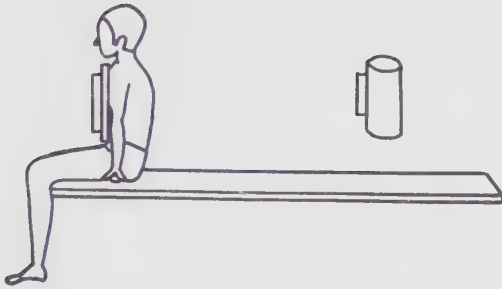


Abb. 6. Anordnung zur dorsoventralen Sagittalaufnahme für die Herzvolumenbestimmung in sitzender Position

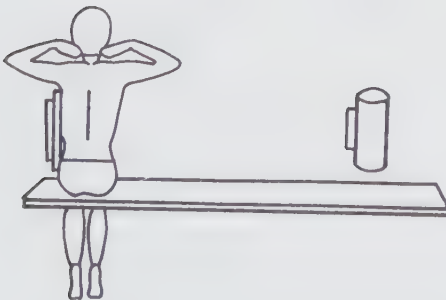


Abb. 7. Anordnung zur frontalen Aufnahme für die Herzvolumenbestimmung in sitzender Position.

Die 27 Patienten waren bei uns wegen folgenden Diagnosen
in Behandlung:

vorwiegend funktionelle Stenocardien	2
Herzfehler	4
Herzinfarkt	9
Myocarditis	2
Belastungscoronarinsuffizienz	3
Hypertonie	4
orthostatische Regulationsstörungen	2
periphere arterielle Durchblutungsstörungen	1
gesamt	27

Abbildung 7 und Tabelle 3 zeigen die Ergebnisse der Herzvolumenbestimmung im Sitzen im Vergleich mit den Herzvolumina derselben Patienten, die in Bauchlage angefertigt wurden. In drei Fällen waren die Volumina im Sitzen und in Bauchlage völlig gleich. Es handelte sich um drei Patienten, die 58, 52 bzw. 45 Jahre alt waren, in zwei Fällen an einem Zustand nach Herzinfarkt litten, während es sich im dritten Falle um eine essentielle Hypertonie handelte. In fünf weiteren Fällen betrug die Verkleinerung des Herzens im Sitzen weniger als 5 %. In diesen Fällen handelte es sich dreimal um einen Zustand nach Herzinfarkt, einmal um eine Hypertonie und einmal um eine Belastungscoronarinsuffizienz. Die größte Abweichung wurde bei einem 29-jährigen Patienten mit einer Aorteninsuffizienz gefunden. Die Verkleinerung des Herzens betrug bei ihm 210 ml (32,0 %). Im Mittel betrug die Verkleinerung des Herzens beim Übergang vom Liegen zum Sitzen 122,22 ml (15,5 %).

Tabelle 3

name	Sitzen	Baueanlage	Differenz	%
R.H.	700	895	+ 195	21,8 %
R.H.	680	775	+ 95	12,2 %
L.E.	770	940	+ 170	18,0 %
K.W.	775	860	+ 85	9,8 %
S.J.	690	890	+ 200	22,4 %
S.H.J.	505	740	+ 235	31,7 %
L.A.	575	735	+ 160	21,7 %
O.F.	630	840	+ 210	25,0 %
E.E.	660	690	+ 30	4,3 %
B.B.	1250	1640	+ 390	23,7 %
B.F.	445	655	+ 210	32,0 %
E.R.	700	920	+ 120	13,0 %
F.K.	1340	1400	+ 60	4,3 %
W.C.	660	720	+ 60	8,3 %
G.G.	920	920	+ 0	0,0 %
G.F.	880	1100	+ 220	20,0 %
K.G.	785	785	+ 0	0,0 %
S.G.	690	900	+ 210	23,3 %
K.H.	630	655	+ 25	3,8 %
L.A.	630	660	+ 30	4,1 %
Z.G.	410	540	+ 130	24,0 %
J.E.	750	750	+ 0	0,0 %
A.H.	640	660	+ 20	3,0 %
V.A.	710	800	+ 90	11,2 %
Thiel	530	640	+ 110	17,0 %
A.	605	730	+ 125	17,1 %
S.F.	460	620	+ 160	17,7 %

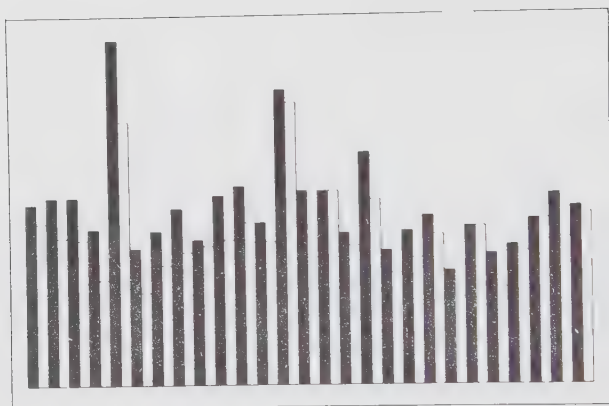


Abb. 8. Graphische Darstellung der vergleichenden Herzvolumenbestimmungen in sitzender Position und in Bauchlage anhand 27 Fällen.
Die schwarzen Säulen sind die Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage, die weißen Säulen die Herzvolumenbestimmungen in sitzender Position.
Lediglich in drei Fällen zeigt sich eine Übereinstimmung.
In 25 Fällen ergeben sich Differenzen mit unterschiedlichem Ausmaß.

Bei zwölf Patienten war das Herzvolumen im Liegen, Sitzen und Stehen bestimmt worden. Abbildung 8 sowie die Tabellen 4 und 5 zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchungsreihe.

In elf Fällen war das Herz im Sitzen größer als im Stehen, in einem Fall war das Herzvolumen um 35 ml (7,6 %) im Sitzen kleiner als im Stehen. Es handelte sich um einen 46-jährigen kreislaufgesunden Patienten. Der Übergang vom Liegen zum Stehen brachte in jedem Fall eine Verringerung des Herzvolumens mit sich. Die Schwankungsbreite lag zwischen 50 ml (7,5 %) und 310 ml (36,9 %). Die geringste Abweichung fand sich bei einem Patienten mit Hypertonie. Die größte Abweichung bei einem Patienten bei einem Zustand nach Vorderwandinfarkt.

Im Mittel betrug die Verkleinerung des Herzens beim Übergang vom Liegen zum Stehen 166,6 ml. Wenngleich die Verkleinerung des Herzens beim Übergang vom Liegen zum Sitzen nicht so ausgeprägt ist wie beim Übergang vom Liegen zum Stehen, so ist sie doch so bedeutend und im Einzelfall nicht kalkulierbar, daß die Herzvolumenbestimmung im Sitzen als Routinemethode nicht empfohlen werden kann. Daß der Grad der Herzverkleinerung beim Übergang vom Liegen zum Sitzen bzw. vom Liegen zum Stehen nicht kalkulierbar ist, hat seine Ursache darin, daß die Restblutmenge individuell verschieden groß ist, stets aber einen wesentlichen Grad der Herzgröße ausmacht. (142). Da die orthostatische Reaktionsbereitschaft von vielen Faktoren abhängig ist, bei jedem Patienten anders sein kann, und selbst bei ein und demselben Patienten zu verschiedenen Zeiten von unterschiedlicher Wirkungsintensität sein kann, ist die Beurteilung der Herzgröße in stehender oder sitzender Position von zu viel Unsicherheits-

faktoren beeinflusst. Aus diesen Gründen ist eine Beurteilung der Herzgrößen nur dann einwandfrei, wenn sie unter Bedingungen erfolgt, die die orthostatisch-wirksamen Einflüsse ausschalten.

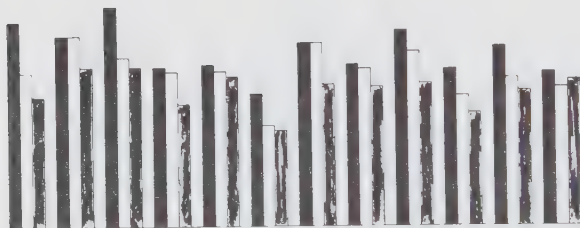


Abb. 9. Graphische Darstellung der vergleichenden Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage sowie in sitzender und stehender position.
(schwarze Säulen = Bauchlage
weiße Säulen = sitzende position
orange Säulen = stehende position)

Tabelle 4

Name	Liegen	Stehen	Differenz	%
F.O.	840	530	+ 310	+ 36,9 %
G.K.	785	650	+ 135	+ 17,2 %
G.S.	900	650	+ 250	+ 26,6 %
H.K.	655	505	+ 150	+ 22,8 %
A.L.	660	610	+ 50	+ 7,5 %
G.Z.	540	395	+ 145	+ 26,8 %
E.J.	750	580	+ 170	+ 22,6 %
H.A.	660	570	+ 90	+ 13,6 %
K.V.	800	580	+ 220	+ 27,5 %
W.T.	640	460	+ 180	+ 28,1 %
P.A.	730	555	+ 175	+ 23,9 %
P.S.	620	495	+ 125	+ 20,1 %

Tabelle 5

Name	Sitzen	Stehen	Differenz	%
F.O.	630	530	+ 100	+ 15,8 %
G.K.	785	650	+ 125	+ 15,9 %
G.S.	690	650	+ 40	+ 5,7 %
H.K.	630	505	+ 125	+ 19,8 %
A.L.	630	610	+ 20	+ 3,1 %
G.Z.	410	395	+ 15	+ 3,6 %
E.J.	750	580	+ 170	+ 22,6 %
H.A.	640	570	+ 70	+ 10,9 %
K.V.	710	580	+ 130	+ 18,3 %
W.T.	530	460	+ 70	+ 13,2 %
P.A.	605	555	+ 50	+ 8,2 %
P.S.	460	495	- 35	- 7,6 %

d) Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage

Nachdem vergleichende Herzvolumenbestimmungen sowohl im Sitzen als auch im Stehen zu keinem Ergebnis führten, wodurch eine wenig aufwendige, für die Belange der Klinik und Praxis ausreichend exakte und reproduzierbare Methode zur Herzgrößenbeurteilung ermöglicht worden wäre, haben wir von 92 Patienten insgesamt 100 Herzvolumenbestimmungen in rechter Seitenlage angefertigt, und zwar unmittelbar nachdem wir von jedem einzelnen Patienten das Herzvolumen in Bauchlage bestimmt hatten. Eine Herzvolumenbestimmung, bei der sich der Patient für die dorsoventrale Aufnahme in rechter Seitenlage befindet, bietet im Prinzip jene Vorteile, wie wir sie bei der Herzvolumenbestimmung im Sitzen und Stehen beschrieben haben, allerdings auch den Nachteil, daß der Patient zwischen den beiden benötigten Aufnahmen bewegt werden muß, da ja beide Aufnahmen von derselben Röhre ausgeführt werden. Im Verlauf dieser Untersuchungsreihe sollte sich herausstellen, ob durch die rechte Seitenlagerung des Patienten für die dorsoventrale Sagittal-Aufnahme und die anschließende Umlagerung in die Bauchlage für die frontale Aufnahme, durch intrathorakale Verlagerungen Größenänderungen des Herzens auftreten. Zseböck et al. (187) haben bei 100 männlichen und weiblichen Patienten das Herz in rechter Seitenlage untersucht und fanden z.T. erhebliche Formveränderungen. Allerdings führten sie die Vergleichsuntersuchungen in aufrechter Körperstellung, bei tiefer Inspiration und einem Röhren-Filmabstand von 100 cm durch. Im wesentlichen fanden sie Umformungen des Herzens, die durch die geänderten Raumverhältnisse des Thoraxinneren

beim Übergang vom Stehen in die rechte Seitenlage auftreten. In der rechten Seitenlage wölbt sich das rechte Zwerchfell in den Brustraum hinein, während das linke Zwerchfell abflacht. Durch diese Veränderung der diaphragmalen Unterlage wird nach Zsöböck et al. das Herz durchschnittlich um 1,47 cm bei Männern, und 1,41 cm bei Frauen nach rechts verlagert. Determann (28) fand aufgrund percutorischer und palpatorischer Untersuchungen, daß die Verschieblichkeit bei Frauen im allgemeinen größer ist als bei Männern, bei Kindern geringer als bei Erwachsenen ist, und im Senium wiederum geringer wird. Im Besonderen fand er eine Abhängigkeit der Verschieblichkeit des Herzens beim Übergang in die rechte Seitenlage von der Nachgiebigkeit des Aufhängeapparates. Schlaaffe Bauchdecken, Abmagerung und Zwerchfelltiefstand begünstigt die Verschieblichkeit, während Zwerchfellohochstand, Adipositas, straffe Bauchdecken sowie erhöhte Resistenz der Lunge (z.B. bei cardialer Lungenstauung) der Verschieblichkeit entgegenwirken. Zdansky (184) fand bei seinen röntgenologischen Untersuchungen die Ergebnisse von Determann bestätigt. Zdansky (184), Determann (28) und Zsöböck (187) finden übereinstimmend, daß das Herz bei Rechtsseitenlage sich nach rechts bewegt, wobei sich der linke Herzrand anspannt und damit die Herzbucht seichter wird, während der rechte Herzrand durch das hochtretende rechte Zwerchfell hinaufgedrückt wird und so starker gerundet erscheint. Leider wurden bei diesen Untersuchungen die orthostatischen Einflüsse unberücksichtigt gelassen, so daß offen bleiben muß, inwieweit die Formveränderungen des Herzens durch die unterschiedliche Blutfüllung beim Übergang

vom Stehen zum Liegen bedingt waren, da die Beurteilung der Herzform im wesentlichen eine Beurteilung der Größenverhältnisse der einzelnen Herzteile zueinander darstellt und diese wiederum durch die Blutfüllung des Herzens stark beeinflusst werden. Da das Herz jedoch im Stehen eine andere Blutfüllung aufweist als im Liegen ist zumindest ein Teil der Änderung der Herzform durch den Übergang vom Stehen zum Liegen, also durch die Orthostase bedingt. Unterschiede der Herzform treten auch beim Übergang von der Rückenlage zur Bauchlage auf. (6), (85), (97), (117), (184). Mushoff und Reindell (117) haben aber nachgewiesen, daß das Herz beim Übergang von der Rückenlage in die Bauchlage zwar Formänderungen erfährt, die Gesamtgröße des Herzens bleibt jedoch konstant. Im Röntgenbild sieht man z.B. den Herzschatte in der Bauchlage im dorsoventralen Strahlengang im allgemeinen größer als in Rückenlage, während in der frontalen Aufnahme der Tiefendurchmesser des Herzens in der Bauchlage im allgemeinen kleiner als in Rückenlage erscheint. Das Gesamtvolumen des Herzens bleibt jedoch unverändert. Die Patienten, von denen wir insgesamt 100 Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage und gleich anschließend in rechter Seitenlage durchführten, waren wegen folgender Diagnosen bei uns in Behandlung:

Herzinfarkt	40
Hypertonie	11
Herzrhythmusstörungen	9
Belastungskoronarinsuffizienz	8
Herzfehler	11

Myokarditis	3
WPW-Syndrom	1
Nichtcardiale Krankheiten	9
gesamt	92

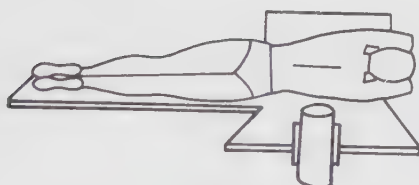


Abb. 10. Anordnung zur röntgenologischen Herzvolumenbestimmung für die dorsoventrale Sagittalaufnahme.

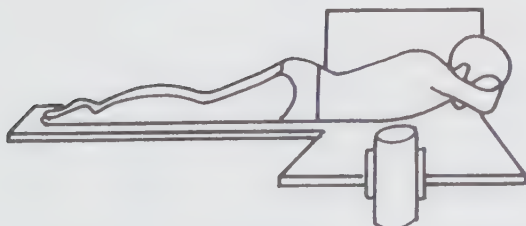


Abb. 11. Anordnung zur röntgenologischen Herzvolumenbestimmung für die Frontalaufnahme.

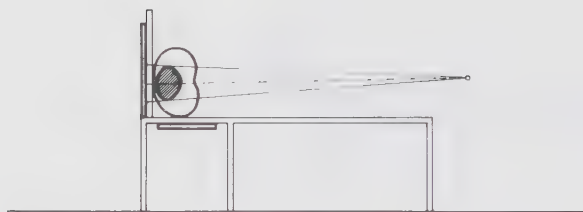


Abb. 12. Schematische Darstellung des Strahlenganges bei der dorsoventralen Sagittalaufnahme für die röntgenologische Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage. Der Fokus-Filmabstand beträgt 2 m.

Bei der frontalen Aufnahme nimmt der Patient die gleiche Lagerung ein, wie bei der herkömmlichen Methode der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung in Bauchlage, der Strahlengang ist dementsprechend wie bereits beschrieben.

Von 3 Patienten ließ sich der Herzschatten wegen ausge-
dehnter perikardialer Verschielungen und Adipositas nicht
sicher von der Umgebung abgrenzen. Eine Berechnung des
Herzvolumens konnte bei diesen Patienten anhand dieser
Röntgenbilder deshalb nicht durchgeführt werden. Von 87
Patienten haben wir jeweils einmal das Herzvolumen in Bauch-
lage und rechter Seitenlage bestimmt. Bei 5 Patienten wurde
das Herzvolumen insgesamt zweimal in Bauchlage und zweimal in
rechter Seitenlage ermittelt.

Tabelle 8

Name	Bauchlage	Seitenlage	Differenz	%
AG	910	895	+ 15	+ 1,6
AE	860	760	+ 100	+ 11,6
BH	950	925	+ 25	+ 2,6
BH	940	880	+ 60	+ 6,3
BA	870	900	- 30	- 3,4
BH	780	780	-	-
BH	860	845	+ 15	+ 1,7
BJ	920	890	+ 30	+ 3,2
BE	870	930	- 60	- 6,8
CB	820	820	-	-
CH	620	660	- 40	- 6,4
CF	665	660	+ 5	+ 0,7

Name	Bauchlage	Seitenlage	Differenz	%
DJ	700	680	+ 20	+ 2,8
DH	825	820	+ 5	+ 0,6
DH	825	820	+ 5	+ 0,6
DR	790	785	+ 5	+ 0,7
DH	740	705	+ 35	+ 4,7
DH	520	530	- 10	- 1,9
ER	920	950	- 30	- 3,2
FK	750	740	+ 10	+ 1,3
FA	710	720	- 10	- 1,4
FR	990	1000	- 10	- 1,1
FW	800	800	-	-
GK	1020	1075	- 55	- 5,4
GB	1020	1080	- 60	- 5,8
GG	920	1030	- 10	- 1,7
GF	1100	1040	+ 60	+ 5,4
GA	630	610	+ 20	+ 3,1
HG	730	705	+ 25	+ 3,4
HF	630	640	- 10	- 1,5
HE	600	550	+ 50	+ 8,3
HP	770	770	-	-
HW	670	650	+ 20	+ 2,9
HE	935	935	-	-
HK	910	965	- 55	- 6,0
HO	900	900	-	-
HF	1000	1050	- 50	- 5,0
HF	495	495	-	-
JF	445	435	+ 10	+ 2,2
JA	635	650	- 15	- 1,7
JW	1240	1320	+ 20	+ 1,4
JA	1230	1180	+ 50	+ 4,0
KJ	940	895	+ 45	+ 4,7
KO	625	650	- 25	- 4,0
KF	1030	1030	-	-
KG	655	665	- 10	- 1,5
KW	830	815	+ 15	+ 1,7

Name	Bauchlage	Seitenlage	Differenz	%
MA	720	745	- 25	- 3,4
MH	690	690	-	-
MI	930	925	+ 5	+ 0,5
ML	1060	1080	- 20	- 1,9
MR	825	790	+ 35	+ 4,2
MJ	820	815	+ 5	+ 0,4
ME	1160	1120	+ 40	+ 3,4
NE	1220	1220	-	-
NJ	700	710	- 10	- 1,4
NH	825	785	+ 40	+ 4,8
OA	790	780	+ 10	+ 1,2
OK	1400	1400	-	-
OE	730	760	- 30	- 4,1
OW	1130	1120	+ 10	+ 0,8
OW	1130	1120	+ 10	+ 0,8
OL	735	735	-	-
RO	700	680	+ 20	+ 2,8
RK	1100	1110	- 10	+ 0,9
RA	510	490	+ 20	+ 3,9
RE	705	705	-	-
RW	1200	1180	+ 20	+ 1,6
RH	730	725	+ 5	+ 0,6
SW	800	790	+ 10	+ 1,2
SW	730	750	- 20	- 2,7
SJ	810	780	+ 30	+ 3,7
SW	875	850	+ 25	+ 2,8
SG	910	915	- 5	- 0,5
SH	915	880	+ 35	+ 3,7
SJ	840	840	-	-
SK	790	845	- 55	- 6,9
SL	770	740	+ 30	+ 3,8
SR	695	700	- 5	- 0,7
SF	795	795	-	-
SW	775	765	+ 10	+ 1,2
SJ	630	660	- 30	- 4,7
SH	825	790	+ 35	+ 4,2
SW	630	610	+ 20	+ 3,1

Naume	Bauchlage	Seitenlage	Differenz	%
SH	760	720	+ 40	+ 5,2
TA	650	700	- 50	- 7,6
TE	870	920	- 50	- 5,7
TK	620	615	+ 5	+ 0,8
VF	1070	1125	- 55	- 5,1
VW	840	850	- 10	- 1,2
Wf	720	695	+ 25	+ 3,4
WE	730	720	+ 10	+ 1,3
WH	925	950	- 25	- 2,7
Wl	730	730	-	-
WH	1360	1420	- 60	- 4,4
ZJ	1120	1120	-	-
ZJ	1240	1180	+ 60	+ 4,8

e) Statistische Methodik

Die Ergebnisse der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung in Bauchlage und rechter Seitenlage wurden statistisch ausgewertet. Die statistische Beratung und die mathematische Ausführung der Berechnungen mittels Computer erfolgte im Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz (Dir. Prof. Dr. Dr. S. Koller). Es wurden folgende Berechnungen angestellt:

1. Mittelwert
2. Standardabweichung
3. Korrelationskoeffizient

1. Mittelwert:

Das gebräuchlichste Maß für die Bestimmung eines Verteilungsschwerpunktes ist das arithmetische Mittel. Der Mittelwert $\bar{x}$ aus den Einzelwerten $x_1, x_2 \dots x_n$ ist definiert als der Quotient aus der Summe der Einzelwerte x_i , dividiert durch die Anzahl n der Einzelwerte. Formel:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

2. Standardabweichungen:

Die Standardabweichung s gibt an, wie stark die Einzelwerte um den Mittelwert streuen. Sie dient als Maß bei der Abgrenzung des Normbereiches, dessen Grenzen Sache des Übereinkommens ist. Sie ist definiert als die Quadratwurzel aus dem Durchschnitt der

Quadrate der einzelnen Abweichungen vom Mittelwert.

Formel:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n-1}}$$

Hierbei bedeuten:

n = Anzahl der Einzelwerte

$\sum_{i=1}^n x_i$ = Summe der Einzelwerte

3. Korrelationskoeffizient:

Der Korrelationskoeffizient r wird errechnet um einen Zusammenhang zwischen 2 Reihen festzustellen und diesen Zusammenhang zahlenmäßig auszudrücken. Dabei kann der korrelationskoeffizient Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Diese beiden Grenzwerte bedeuten, daß eine totale und gegenseitige Abhängigkeit bzw. Übereinstimmung besteht. Der Wert 0 zeigt eine totale Unabhängigkeit an. Formel:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

hierbei bedeuten:

n = Anzahl der variablen Paare

$\sum_{i=1}^n x_i$ = Summe der Einzelwerte der Stichproben $x_1, x_2 \dots x_n$

$\sum_{i=1}^n y_i$ = Summe der Einzelwerte der Stichproben $y_1, y_2 \dots y_n$

f) Ergebnis der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage im Vergleich zur Herzvolumenbestimmung in Bauchlage

Der Mittelwert von 97 Herzvolumenbestimmungen, die in Bauchlage angefertigt wurden, betrug 847,7 ml. Der Mittelwert, der in rechter Seitenlage gemessenen Herzvolumina der gleichen Patienten betrug 844,0 ml. Die Differenz beider Mittelwerte beträgt 2,7 ml, entsprechend 0,31 %. Die Streuung der Einzelwerte um den jeweiligen Mittelwert beträgt bei den in Bauchlage gemessenen Herzvolumina 192,2 ml und bei den in rechter Seitenlage bestimmten Herzvolumina 194,0 ml. Somit zeigt sich auch hier eine gute Übereinstimmung. Auch der Korrelationskoeffizient zeigt mit 0,988 eine fast völlige Übereinstimmung beider Untersuchungsmethoden an.

Abbildung 13 zeigt das Korrelationsdiagramm nach der Gleichung der Regressionsgeraden:

$$y = 0,997 x - 0,14$$

In der Abszisse sind die Werte der Herzvolumina, die in Bauchlage ermittelt wurden, eingetragen, in der Ordinate die Werte der Herzvolumina, die in rechter Seitenlage bestimmt wurden. Die Steigung der Regressionsgeraden ist nahezu 1, was eine fast völlige Übereinstimmung der Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden bedeutet.

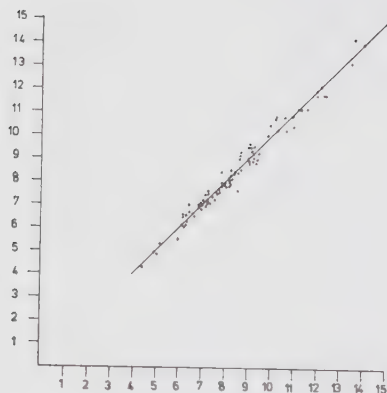


Abb. 15. Korrelationsdiagramm der vergleichenden Herzvolumenbestimmungen in rechter Seitenlage und in Bauchlage. Die Gleichung der Regressionsgeraden lautet

$$y = 0,997x - 0,14.$$

Auf der Abszisse sind die Ergebnisse der Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage eingetragen. Auf der Ordinate sind die Ergebnisse der Herzvolumenbestimmungen in rechter Seitenlage eingetragen.

Diskussion

Der Röntgenuntersuchung des Herzens fallen in der modernen Herzdiagnostik wesentliche Aufgaben zu. Neben der Beurteilung einzelner Teile des Herzens mit Kontrastmitteln als auch der Beurteilung der Bewegungsvorgänge des Herzens - beides bleibt in dieser Arbeit unberücksichtigt - hat sie zwei grundsätzliche Hauptaufgaben: die Feststellung der Herzgröße und Herzform. Im Verlauf der letzten Jahrzehnte haben verschiedene Autoren viele Möglichkeiten erprobt und verschiedene Methoden entwickelt, um die Herzgröße exakt, d.h. zahlenmäßig und reproduzierbar zu bestimmen. Damit wurden anstelle von Schätzungsangaben, die niemals frei von variablen, individuellen und immer subjektiven Vorstellungen sein konnten, mathematische, reproduzierbare Zahlenangaben gestellt, deren Genauigkeit in jenem Bereich liegt, der auch von anderen biologischen Methoden, die in Klinik und Praxis ihren festen Platz haben, eingenommen wird. Grundsätzlich haben alle diese Methoden der Herzgrößenbestimmung eines gemeinsam: bei der Bestimmung der Herzgröße wird die dreidimensionale Räumlichkeit des Organs als Ausgangspunkt berücksichtigt. Dies ist ebenso wichtig, wie selbstverständlich, da man den Inhalt eines Körpers, von dem man nur eine Seite kennt, nicht berechnen kann, zumal keinerlei feste Beziehungen zwischen der Größe der Herzfläche, wie sie sich auf dem Röntgenbild einer Sagittalaufnahme darstellt, und der Tiefenausdehnung des Herzens bestehen. Letzteres ist von zahlreichen Untersuchern immer wieder betont worden. (153), (59), (65), (67), (91), (96), (104), (117), (118), (146).

Musshoff und Reindell (117) haben darüberhinaus nachgewiesen, daß selbst bei ein und derselben Person sowohl die Tiefenausdehnung als auch die Herzfläche in der Sagittalprojektion Veränderungen ausgesetzt ist, deren Ausmaß nicht vorher gesehen werden kann. Klepzig und Frisch (79) haben in ihrer Monografie ebenfalls daraufhin gewiesen, daß die Beurteilung der Herzgröße allein aus dem Frontalbild kein zuverlässiges Ergebnis bringen kann. Loogen et al. (95) betonen, daß insbesondere bei einer Vergrößerung des linken Ventrikels das Röntgenbild in der Sagittalprojektion ein normal großes Herz vortäuschen kann, da die Vergrößerung vornehmlich nach hinten erfolgt.

Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die allgemein üblichen Röntgenuntersuchungen des Herzens zur Beurteilung der Herzgröße und -form: Durchleuchtung im Stehen, Röntgenaufnahme im frontalen und sagittalen Strahlengang, eventuell mit Oesophagogramm, ihre Berechtigung haben. Der pathologische Charakter einer erheblichen Herzvergrößerung wird auch ohne Messung damit oft erkennbar. In vielen Fällen kann man mit dem Schätzungsmaß nach Groedel (56), (99), wonach der Querdurchmesser des normalen Herzens auf der Sagittalaufnahme bei Inspiration kleiner ist als der halbe Querdurchmesser des Thorax, in Zwerchfellhöhe und von der Innenseite der Rippen gemessen, (Herz-Lungenquotient), einen groben Anhalt über die Herzgröße gewinnen.

Das Wesen der Herzvolumenbestimmung ist eine durch geometrische Messung zahlenmäßige Fixierung der Herzgröße. Sie kommt somit dem Bestreben der modernen, naturwissenschaftlich orientierten Medizin entgegen, Befunde reproduzierbar zahlenmäßig zu konkretisieren. Damit ist durch die röntgenologische Herzvo-

lumenbestimmung möglich geworden, Normwerte für die Herzgröße aufzustellen. (38), (96), (104), (107), (114), (123), (125), (168).

Eine röntgenologische Herzvolumenbestimmung ist außerdem dann indiziert und eine andere Herxröntgendiagnostik nicht ausreichend oder gar irreführend, wenn es gilt, den Verlauf einer Herzerkrankung anhand der Herzgrößenveränderungen objektiv zu beurteilen, oder die Ergebnisse operativer und konservativer Herztherapie durch Herzgrößenmessungen zu verfolgen. Außerdem erscheint eine Herzvolumenbestimmung bei der Begutachtung Herzkranker notwendig. Andere Aussagen über die Herzgröße, die nicht durch röntgenologische Herzvolumenmessung begründet sind, können anfechtbar sein, da die subjektiven Vorstellung über die Herzgröße differieren können, weil sie mit objektiven Fehlern behaftet sein können und weil sie unsicher in der Reproduktion sind. Spezielle wissenschaftliche Fragestellungen, die eine Herzgrößenbeurteilung beinhalten, können mit der herkömmlichen Herz-Röntgen-Diagnostik nicht gelöst werden, da ein zu großer Unsicherheitsfaktor in Kauf genommen werden muß.

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebene Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage ist einfach, in jeder Röntgenpraxis oder Röntgenabteilung durchführbar und für die Belange der Klinik und Praxis sowie für wissenschaftliche Zwecke von ausreichender Genauigkeit. Die herkömmliche Art, das Herzvolumen zu bestimmen, bedurfte eines nicht unerheblichen apparativen Aufwandes. So mußte, um den Bedingungen der Fernaufnahme zu entsprechen, eine Möglichkeit geschaffen werden, einen Film-Fokus-Abstand von 2 m sowohl für die sagittale als auch für die frontale Aufnahme herzustellen. Das ist bei Bauch- oder Rückenlage des Patienten,

insbesondere für die sagittale Aufnahme oft schwierig, da nicht immer entsprechende räumliche Verhältnisse vorhanden sind.

Nachdem bereits von vielen Autoren, nachgewiesen worden ist, daß eine Herzvolumenbestimmung im Stehen, wegen orthostatischer Einflüsse, mit zu vielen Unsicherheitsfaktoren belastet ist, (30), (31), (37), (79), (83), (93), (104), (108), (117), (118), (161), (184), wurde in der vorliegenden Arbeit der Versuch unternommen, nachzuweisen, ob bei einer Herzvolumenbestimmung im Sitzen diese Unsicherheitsfaktoren entscheidend verringert werden können.

Für eine Herzvolumenbestimmung im Sitzen fiel die Notwendigkeit weg, eine Röntgenröhre 2 m oberhalb bzw. unterhalb des Patienten anzubringen. Es zeigte sich jedoch, daß die orthostatischen Einflüsse, die in sitzender Stellung wirksam werden, zwar geringer sind als die im Stehen, die Veränderungen der Herzgröße beim Übergang vom Liegen zum Sitzen jedoch noch so bedeutsam sind, daß eine Herzvolumenbestimmung im Sitzen für klinische Belange nicht ausreichend ist. Auch die Ergebnisse unserer vergleichenden Herzvolumenbestimmungen im Liegen und im Stehen mit einer Schwankungsbreite bis über 300 ml zeigen eine gute Übereinstimmung mit der in der Literatur angegebenen Schwankungsbreite. So fand Musshoff und Reindell (117) Herzgrößenverringerungen beim Übergang vom Liegen zum Stehen bis zu 346 ml. Meythaler et al. (103) fanden eine Verringerung der Herzgröße beim Übergang vom Liegen zum Stehen bis zu 358 ml.

Ähnliche Angaben finden sich bei Moritz (108), (109), Dietlen (30), (31), Schmidt-Zang (161), Nylin (131), Klepzig und Frisch (79), Zdanski (184), Musshoff und Lepke (116), Reindell et al. (14b), u.a. Um eine Vereinfachung des Aufwandes zur Herz-

volumenbestimmung herbeizuführen, mußte eine Methode gefunden werden, bei der orthostatische Einflüsse nicht zur Wirkung kommen, d.h. bei der sich der Patient in waagrechter Lage befindet. Musshoff und Reindell (117), sowie Bichmann (11) und König und Bichmann (89) haben Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage und Rückenlage beim selben Patienten durchgeführt. Der Vergleich beider Herzvolumina zeigte, daß es zwar beim Übergang von der einen Lage zu der anderen zu Umformungen des Herzens kommt, daß die Gesamtherzgröße jedoch gleich bleibt. Unsere vergleichenden Untersuchungen an 92 Patienten, bei denen wir jeweils insgesamt 100 Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage und 100 Herzvolumenbestimmungen in rechter Seitenlage durchführten, zeigten ebenfalls eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse. In 30 Fällen (30,92 %) fand sich eine fast völlige Übereinstimmung der Herzvolumina, die in rechter Seitenlage bestimmt wurden mit denen, die in Bauchlage gemessen worden waren. In 54 weiteren Fällen (55,66 %) lag die Abweichung unter 5 %. Und nur in 13 Fällen (13,40 %) betrug die Abweichung mehr als 5 %. Die größte Abweichung betrug 100 ml (11,6 %) bei einem Patienten mit essentieller Hypertonie. Die Mittelwerte beider Untersuchungsreihen waren mit 846,7 ml in Bauchlage und 844,0 ml in Seitenlage ebenso nahezu identisch, wie auch der Korrelationskoeffizient mit 0,988 eine fast völlige Übereinstimmung beider Methoden anzeigt. Da in der vorliegenden Arbeit nur das absolute Herzvolumen berücksichtigt wurde, praktisch jedoch dem relativen Herzvolumen die größte Bedeutung zukommt (Quotient aus absoluten Herzvolumen und Körperoberfläche) wird in der Praxis die Abweichung noch geringer.

wenn wir die Ergebnisse der Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage und in rechter Seitenlage im Zusammenhang mit der bereits beschriebenen Fehlerbreite, die in der Methode der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung begründet liegt, betrachten, muß man eine völlige Übereinstimmung beider Methoden als erwiesen betrachten. Der Streubereich entsprach jenen Ergebnissen, die Musshoff und Reindell (117) sowie König und Bichmann (85) beim Vergleich der Herzvolumina in Rücken- und Bauchlage erreichten. Er entspricht auch jenen Untersuchungsergebnissen, bei denen mehrere Herzvolumenbestimmungen beim gleichen Patienten durch einen bzw. durch unabhängig voneinander verschieden arbeitenden Untersuchern durchgeführt wurden (103). Es ist eine Streubreite, die nicht größer ist, als sie bei anderen biologischen Meßmethoden gefunden wird.

Was für die Beurteilung der Herzgröße gilt, gilt zunächst auch für die Beurteilung der Herzform: Im stehen wird die Beurteilung unsicher, weil das Herz mehreren nicht kalkulierbaren Einflüssen der orthostatischen Regulationsmechanismen unterliegt. Die Blutfüllung des Herzens entscheidet maßgebend über Form und Größe. Das zeigt sich besonders anschaulich im Beispiel des Valsalva'schen Versuchs, wo durch weitgehende Entleerung des Herzens nicht nur eine Verringerung der Herzgröße eintritt, sondern, wobei gleichzeitig eine Änderung der Herzform einhergeht. (117), (126), (129). Entsprechend wäre zu folgern, daß die Beurteilung der Herzform im Liegen mit der gleichen Genauigkeit, wie wir sie bei der Beurteilung der Herzgröße finden, durchgeführt werden kann. Dem steht jedoch entgegen, daß die Blutfüllung des Herzens beim Übergang vom Stehen zum Liegen nicht gleichmäßig auf alle Herzräume ver-

teilt wird. (116), (117), (121), (122), (124), (148). Musshoff, Reindell (117), und Sjöstrand (166) fanden, daß die Zunahme des Restblutes in liegender Stellung in einem größeren Anteil die Vorhöfe als die Kammern betrifft. Entsprechend fanden Nice und Hall (127) bei einer Untersuchung des Herzens bei 100 Personen im Alter von 12 bis 38 Jahren, die sowohl im Stehen als auch in rechter Seitenlage durchgeführt wurde, eine Verlagerung des Oesophagus durch Vergrößerung des linken Vorhofes in fast 50 % der Fälle bei der Untersuchung in rechter Seitenlage, während eine ähnliche Erscheinung bei der Untersuchung im Stehen nur in 3 Fällen nachgewiesen werden konnte. Musshoff und Reindell (117) fanden bei der Untersuchung von 161 Normalpersonen in aufrechter und liegender Stellung, eine Vergrößerung des linken Vorhofs in 104 Fällen bei horizontaler Bauchlagerung, während sie im Stehen nur in 2 Fällen nachzuweisen war. Die gleiche Untersuchung bei 36 Hochleistungsportlern ergab eine Vergrößerung des linken Vorhofs in liegender Stellung bei allen Fällen, während sie im Stehen nur in 8 Fällen sicher nachzuweisen war, und bei weiteren 8 Fällen der linke Vorhof fraglich vergrößert erschien. Ähnliche Ergebnisse brachte die Untersuchung des rechten Vorhofes. Das Herz vergrößert sich also beim Übergang vom Stehen zum Liegen durch Vermehrung des Restblutes sowohl im Bereich der Kammern als auch im Vorhofbereich. (83), (116), (121), (122), (124). Durch die vermehrte Füllung der Vorhöfe gegenüber den Kammern wird jedoch die Vorhofsvergrößerung begünstigt. Daraus ergibt sich jene erhebliche Schwierigkeit der Beurteilung, wann eine über die allgemeine Größenzunahme des Herzens hinausgehende zusätzliche Vorhofsvergrößerung vorliegt, die als pathologisch anzusehen ist. Da eine Vorhofsvergrößerung

beim Sportlerherzen häufiger als beim normalen Herzen gefunden wird (117), (142), wird sie von Musshoff und Reindell (117) als Ausdruck der Anpassung und Leistungssteigerung gedeutet und dementsprechend der regulativen Dilatation der Ventrikel gleichgesetzt. Die Differenzierung, ob es sich bei einer Vorhofvergrößerung um einen Ausdruck der Anpassung, also um einen physiologischen Prozeß handelt, kann deshalb aus einer Röntgenuntersuchung des Herzens nicht immer gefolgert werden. Im Einzelfall gibt die Erhöhung des mittleren Vorhofdruckes, der infolge pathologischer Volumenbelastung auftritt, einen Hinweis auf den krankhaften Charakter der Vorhofvergrößerung. Bei einer physiologischen Vorhofvergrößerung ist der Druck nicht erhöht. Außerdem ist die pathologische Vorhofvergrößerung, analog der myocardialen Kammerinsuffizienz oder bei Herzfehlern, lange Zeit auf eine Seite beschränkt, während die physiologische Vorhofvergrößerung in der Regel beide Vorhöfe betrifft. Da im allgemeinen eine Vorhofvergrößerung im Liegen häufiger zu diagnostizieren ist, als im Stehen, und da die Vorhofvergrößerung sowohl beim Gesunden als auch beim Kranken auftreten kann, ist nice und Hall (127), ebenso wie Musshoff und Reindell (117) der Auffassung, daß zur Feststellung einer krankhaften Vorhofvergrößerung, der Röntgenuntersuchung im Stehen die größere Beweiskraft zukommt. Dies gilt sicher nur mit der Einschränkung, daß man bedenken muß, daß leichte bis mäßige Vorhofvergrößerungen, wie sie z.B. bei Mitralvitien vorkommen, oft nur im Liegen erkannt werden können, während im Stehen kein Hinweis für eine Vergrößerung des Vorhofs zu erkennen ist, zumal bei der Unter-

- -

sucnung im Stehen häufig jegliche Vitiumkonfiguration, die im Liegen typisch erscheint, verloren geht. (117), (143), (147), (148). Es erscheint deshalb nötig zu sein, die Röntgenuntersuchung in 2 Stappen durchzuführen: Durchleuchtung im Stehen mit differenziertem Augenmerk auf die Form der Kammern und Vorhöfe und Herzvolumenbestimmung im Liegen, wobei es gleichgültig ist, ob die Bauchlage, die Rückenlage oder die rechte Seitenlage angewendet wird. Bei der Beurteilung der Herzform aufgrund der Röntgenaufnahme zur Herzvolumenbestimmung sollte jedoch immer angegeben werden, ob es sich um eine Bauch-, Rücken- oder Seitenlage handelte, da die Gesamtgröße des Herzens in horizontaler Lage stets gleich bleibt, die Größe einzelner Teile jedoch je nach Lagerung unterschiedlich sein kann.

Zusammenfassung

Die röntgenologische Herzvolumenbestimmung ist zur Zeit die einzige Methode, die intravitale Herzgröße in Klinik und Praxis mit ausreichender Genauigkeit zu messen. Sie kann durch andere Methoden ergänzt, aber nicht ersetzt werden.

Die bisherigen Methoden der Herzvolumenbestimmung bedurften eines erheblichen technisch-apparativen Aufwandes und speziellen räumlicher Voraussetzungen. Deshalb blieb bis heute die Herzgrößemessung einzelnen cardiologischen Zentren oder cardiologischen Abteilungen größerer Krankenhäuser oder speziellen Herzkliniken vorbehalten.

In der vorliegenden Arbeit war die Aufgabe gestellt, eine Methode der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung zu finden, die die gleiche Genauigkeit der bisherigen Methoden bietet, den technisch-apparativen und räumlichen Aufwand jedoch vermindert.

Herzvolumenbestimmungen in sitzender und stehender Position ließen sich zwar unter vereinfachten Bedingungen durchführen, ihre Ergebnisse waren jedoch unzuverlässig. Unsere Herzvolumenbestimmung in sitzenden und stehender Position zeigten im Vergleich mit den Herzvolumenbestimmungen in Bauchlage große Abweichungen. Beim Übergang vom Liegen zum Sitzen verringerte sich die Herzgröße bis zu 210 ml (32,0 %). Beim Übergang vom Liegen zum Stehen zeigte sich eine Verringerung der Herzgröße bis zu 310 ml (36,9 %). Die Verkleinerung der Herzgröße beim Übergang vom Liegen zum Sitzen oder Stehen war im Einzelfall von unterschiedlichem Ausmaß und

ließ keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Ihre Ursache liegt im Wesentlichen in den orthostatischen Füllungsschwankungen des Herzens, die selbst bei ein und denselben Patienten zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich sein können.

Mit der Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage wurde dagegen eine Methode gefunden, die einerseits die herzgrößen-ändernden Einflüsse der orthostatischen Wirkungsmechanismen ausschaltet, andererseits unter Bedingungen durchgeführt werden kann, deren technisch-apparativer und räumlicher Aufwand wesentlich geringer ist, als bei den bisherigen Methoden der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung.

Wir führten bei 100 Patienten eine Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage und gleichzeitig in Bauchlage durch und verglichen die Ergebnisse. Es fand sich eine nahezu völlige Übereinstimmung der Ergebnisse beider Methoden, die statistisch gesichert werden konnte.

Mit der beschriebenen Methode der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung in rechter Seitenlage ist die Möglichkeit gegeben, Herzgrößenmessungen in jeder Röntgenabteilung oder Röntgenpraxis ohne zusätzliche Ausstattung mit der gleichen Genauigkeit vorzunehmen, wie sie die herkömmlichen Methoden mit ihrem erheblichen technisch-apparativen und räumlichen Aufwand bieten.

Literaturverzeichnis

- Achelis, W. Über adhäsive Pericarditis und über den Verlust, der beim Übergang aus der horizontalen zur aufrechten Körperstellung normaler Weise eintretenden Vertikalverschiebung des Herzens.
Dtsch. Arch. klin. med. 115(1914)419
- 2 Ackermann, K. Beobachtungen über die Veränderungen der Herzgröße, der Puls- und Atemfrequenz und des Blutdruckes nach maximaler Laufleistung.
Zschr. klin. Med. 103(1926)800
- 3 Arkusky, J. Neue Ergebnisse zur Frage der Orthodiagraphie des Herzens.
Fortschr. d. Röntgenstr. 44(1931)39
- 4 Axén, O., E. Lindgren u. G. Malmström
Till kändedom om mätfele vid Liljestrand-Lysholm-aylin-Zachrisson metod för hjärtvolymbestämning
Nord. Med. 29(1946)592
- 5 Bamberg, K., H. Putzig. Die Herzgröße im Säuglingsalter auf Grund von Röntgenfernaufnahmen.
Zschr. f. Kinderh. 20(1919)195
- 6 Bargmann, W. und W. Doerr. Das Herz des Menschen
Georg Thieme Verl. Stuttgart 1963
- 7 Bergström, K. Röntgenological Heart Volume Determination in Model Experiments.
Influence of the size, configuration and position of the heart and of the position of the diaphragm.
Acta Soc. med. (Upsal.) 74(1969)69
- 8 Bergström, K. Röntgenological Heart Volume Determination in Model Experiments. The influence of tube voltage and of the relation of the central beam to the object.
Acta Soc. Med. (Upsal.) 74(1969)69
- 9 Bergström, K., V. Erikson, B. Gustafson
Röntgenological Determination of the heart volume
Acta Soc. med. (Upsal.) 74(1969)81
- 10 Bevegard, S. A. The effect of body position on the circulation at rest and during exercise with special reference to the influence on the stroke volume.
- 11 Eichmann, R. Vergleichende Untersuchungen zur Frage des röntgenologisch bestimmten Herzvolumens in Bauch- und Brustlage.
Dtsch. med. Klinik Freiburg 1965
- 12 Einhold, H. Über das Herzvolumen bei Emphysem, Asthma und Tuberkulose der Lunge.
Zschr. f. Kreisf.-Forsch. 27(1935)14
- 13 Björk, J. On the relationship between heart volume and various physical factors.
Acta radiol. (Stockh.) 25(1944)327
- 14 Blasius, W. Herzmasse im Röntgenbild
Fortschr. d. Röntgenstr. 57(1936)567
- 5 Braun, H. Das Herzvolumen und seine Beziehung zu den anderen hämodynamischen Faktoren unter Anwendung neuer röntgenologischer Untersuchungsmethoden.
Arch. f. Kreisf. Forsch. 32(1960) 87

- 16 Braunbehrens, v.H. Die Herzmuskelschwiele und das Herzwandaneurysma
Fortschr. d. Röntgenstr. 50(1934)15
- 17 Brednow, W. Plastische Darstellung des Herzens
Zschr. klin. Med. 122(1932)382
- 18 Brednow, W. Röntgenatlas der Erkrankungen des Herzens und der Gefäße
Verlag Urban u. Schwarzenberg, Berlin 1936
- 19 Broustet, P., Ch. Wangermez, R. Guillon und H. Bricaud
Mesure de Volume cardiaque par la tomographie axiale
Arch. Mal. Coer 46(1953)143
- 20 Büchner, H. Radiometrie, Theorie und Praxis röntgenologischer Meßmethoden.
Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963
- 21 Büchner, H. Abschließende Stellungnahme zur Kritik von W. Blasius an der Orthodiametrie des Herzens
Fortschr. d. Röntgenstr. 82(1955)821
- 22 Büchner, H. und M. Griese. Röntgenologische Herzvolumenbestimmung und Herzmodellierung. Bisherige Methoden und ein neuer Beitrag zur routinemäßigen klinischen Durchführung.
Arch. Kreisl. Forsch. 32(1960)292
- 23 Büchner, h. und M. Friese. Zur röntgenologischen Herzvolumenbestimmung. Schlußwort auf die Erwiderung von W. Gebhard, H. Reindell und K. König in Arch. f. Kreisl. Forsch. 33(1960)382.
Arch. f. Kreisl.-Forsch. 33(1960)388
- 24 Budelmann, v.G. Zur Frage der Herzvolumenmessung in der Klinik
Acta med. Scand. 227(1953)35
- 25 Cottenot, P. L'image radiologique du coer en Systole et en diastole.
Bull. Mém. Soc. rad. méd. France 21(1933)52
- 26 Danner, D. Eine methodische Untersuchung zur Fehlerbreite der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung
Diss. Freiburg 1960
- 27 Determann, A.
Beitrag zur Differentialdiagnose der Verschattungen in der Herzsilhouette
Fortschr. d. Röntgenstrahlen 46(1932)137
- 28 Determann, H. Die Beweglichkeit des Herzens bei Lageveränderung des Körpers. (Cardioptose)
Zschr. klin. Med. 40(1900)24
- 29 Dietlen, H. Über Herzgröße und Herzmessung
Klin. Wschr. 1(1922)2097
- 30 Dietlen, H. Über die klin. Bedeutung der Veränderungen am Zirkulationsapparat insbesondere der wechselnden Herzgröße bei verschiedenen Körperstellungen. (Liegen u. Stehen)
Zschr. klin. Med. 97(1909)132
- 31 Dietlen, H. Über Größe und Lage des normalen Herzens und ihre Abhängigkeit von physiologischen Bedingungen.
Dtsch. Arch. klin. Med. 88(1907)53
- 32 Dietlen, H. Herzgröße, Herzmessmethoden, Anpassung, Hypertrophie, Dilatation, Tonus des Herzens.
Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie Bd VII/1
hrsg. v. Bethe A., G.v. Bergmann, G. Emden u. A. Ellinger
Springer Verlag Berlin 1926

- 23 Doerr, F. u. H.v. Egidy. Zur Methodik der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung
Der Radiologe 7 (1967) 205
- 34 Duhamel, J. L'épaisseur de la coupe en tomographie
J. Radiol. et Elektrol 32(1951)758
- 35 Duhamel, J., P.L. Martin u. M.Guillon
La method Armographique dans la mesure du Volume d'un
ciscère plain sur le sujet vivant
Sciences et Industries Photographiques 24(1953)485
- 36 Eggli, A. Eine Apparatur zur Auslösung herzphasensynchroni-
sierter Thoraxaufnahmen zum Zwecke der Herzgrößenbestim-
mung und Lungenstereometrie
Radiol. Clin. 8(1939)129
- 37 Ekkeluna, L.G., A.Holmgren and C.O. Ovenfors
Heart volume during prolonged Exercise in the Supine and
Sitting Position.
Acta physiol. scand. 70(1967)88
- 38 Evans, D.W. Heart volume Normal Values and Praktical
Applikations
Mal. Cardiovasc. 10(1969)315
- 39 Fontanille, P. La mesure du volume cardiaque en pathologie
par les méthodes radiologiques
Di.. Bordeaux 1960
- 40 Fray, W.W. Measureation of the heart an chest in the left
posterior oblique positions. A comparative study.
Americ. J. Roentgenol. 27(1932)177
- 41 Friedmann, C.E. The residual blood of the heart
Americ. Heart. J. 3(1950)397
- 42 Friedmann, C.E. Heart volume myocardial volume and total
capacity of the heart cavities in certain chronic heart
diseases.
Acta med. scand. 140(1951)287
- 43 Frisch, F. und M.Kaltenbach. Planimetrische Herzfläche und
Moritz'sches herzrechteck als ausgangswerte der Herzvolumen-
bestimmung.
Zschr. f. Kreisl.-Forschung 52(1963)243
- 44 Frisch, F. u. H.Klepzig. Zur Herzgrößenbestimmung bei
herzkranken.
Arch. f. Kreisl.Forsch. 33(1960)215
- 45 Frisch, F. u. H.Klepzig. Der Einfluß der absoluten
Arrhythmie auf die Herzgröße.
Zschr. f. Kreisl.Forsch. 52(1963)243
- 46 Fuchs G. u. O.Bayer. Eine neue Methode der roentgenologischen
Herzvolumenbestimmung
Fortschr. d. Röntgenstr. 78(1953)709
- 47 Gäbert, E. Die Lagebeziehung des Oesophagus zur hinteren
Herzfläche und ihre Veränderungen durch Erweiterung des
linken Vorhofs im Röntgenbild.
Fortschr.d.Röntgenstr. 32(1924)410
- 48 Gäbert, E. Die hintere Herzwand im Röntgenbild in normalen
und kranken Fällen und Veränderungen des Trachobronchial-
baumes durch Erweiterung des linken Vorhofs.
Fortschr. d. Röntgenstr. 32(1924)385
- 49 Gebhard, W. Eine neue Methode der röntgenologischen Herz-
volumenbestimmung mit Hilfe des Simultanschichtverfahrens im
Vergleich mit den bisher üblichen Methoden.
klin. Wscr. 35(1957)1119

- 50 Gebhardt, W. Röntgenologische Bestimmung des Herzvolumens.
Fortschr. Med. 76(1958)497
- 51 Gebhardt W., D.Danner, H.Reindell u. K.König.
Eine vergleichende Untersuchung zur methodischen Fehlerbreite der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung.
Acta med. scand. 6(1960)467
- 52 Gebhardt, W.H.Reindell u. K.König. Zur röntgenologischen Herzvolumenbestimmung.
Arch. f. Kreisl.-Forsch. 33(1960)382
- 53 Geigel, R. Die klinische Verwertung der Herzsilhouette.
Mü.med.Wschr. 22(1914)1
- 54 Goldschneider, A. Über die Untersuchung des Herzens in linker Seitenlage.
Dtsch. med. Wschr. 32(1906)1649
- 55 Grisebach, M. Wie weit läßt sich die Herzkontur im Röntgenschirmbild mit den absoluten Herzmaßen im Orthodiagramm in Einklang bringen.
Fortschr. d. Röntgenstr. 66(1943)24
- 56 Groedel, F.M. Vereinfachte Ausmessung des Herzorthodiagrammes nach Theo Groedel.
Mü.med.Wschr. 65(1918)397
- 57 Groedel, F.M. Beobachtungen über den Einfluß der Inspiration auf Blutdruck u. Herzgröße.
Zschr. f. klin. Med. 70(1910)47
- 58 Hammer, G. Die röntgenologischen Methoden der Herzgrößenbestimmung nebst Aufstellung von Normzahlen für das Orthodiagramm u. die Tonaufnahme.
Fortschr.d.Röntgenstr. 25(1917/18)510
- 59 Hammer, G. Die Herzfläche als Maßstab für die Größenbestimmung.
Fortschr. d. Röntgenstr. 38(1928)1000
- 60 Hasselwander, A. Die Lage des Herzens im Inspirationszustand u. die epigastrische Pulsation.
Fortschr.d.Röntgenstr. 71(1949)419
- 61 Hasselwander, A. Die objektive Stereoskopie an Röntgenbildern.
G.Thieme-Ver. Stuttgart 1954
- 62 Haudek, M. Eine Revision der Methodik der röntgenologischen Herzgrößenbeurteilung.
Jahreskurse ärztl. Fortbildung 9(1918)8
- 63 Hofbauer L.u.G. Holzknacht.
Respiratorische Größenschwankungen des Herzens.
Mitt. laborat. radiol. Diagn. Therapie.
G.Fischer-Verlag Jena 1907
- 64 Jonsell, S. A method for the determination of the heart size by teleröntgenographie.
Acta radiol.(Stockh.)20(1939)325
- 65 Kahlstorf, A. Über Korrelationen der linearen Herzmaße u. des Herzvolumens.
Klin. Wschr. 12(1933)262.
- 66 Kahlstorf, A. Möglichkeiten u. Ergebnisse röntgenologischer Herzvolumenbestimmungen.
Klin. Wschr. 17(1938)223
- 67 Kahlstorf, A. Über eine orthodiagrafische Herzvolumenbestimmung.
Fortschr. d. Röntgenstr. 45(1932)123
- 68 Keats, Th., E., Enge i., P. Cardiac Mensuration by the cardiac Volume Method.
Radiology 5(1965)850

- 69 Kene, J. Herzvolumen, Sauerstoffaufnahme, Pulsfrequenz u. Sauerstoffpuls als Grundlage einer klin. Funktionsprobe des Herzens.
Diss. Freiburg 1956
- 70 Kessler, M. Die Beziehungen zwischen dem Herzvolumen u. verschiedenen Ventilations u. Kreislaufgrößen als Grundlage einer Herz u. Kreislauffunktionsprüfung.
Diss. Freiburg 1959
- 71 Kirch, E. über gesetzmäßige Verschiebungen der inneren Größenverhältnisse des normalen u. pathologisch veränderten menschl. Herzens.
Zschr. f. ang. Anatomie 7(1920)235
- 72 Kjellberg S.R. The roentgenologic determination of heart volume.
Acta med. scand. 145(1955)277
- 73 Kjellberg, S.R. Importance of the prone position in the roentgenologic diagnosis of slight mitral disease.
Acta radiol. (Stockh.) 31(1949)178
- 74 Kjellberg, S.R. The condition of the cardiac volume during pregnancy.
Acta radiol. (Stockh.) 31(1949)123.
- 75 Olsson, T. On the horizontal orthoprojection of the heart.
Acta radiol. (Stockh.) 11(1930) 121.
- 76 Klepzig, H. Herz- und Gefäßkrankheiten.
Stuttg. Georg-Thieme-Verl. 1969
- 77 Klepzig H., P. Frisch. über die röntgenologische Herzvolumenbestimmung und ihre klinische Bedeutung.
Siemens-Reiniger-Werke Nachrichten 15(1961)2
- 78 Klepzig, H. u. P. Frisch. Die praktische Bedeutung der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung.
Beitr. z. Inn. Med.
Stuttg. F.K. Schattauer Verl. 1964 S. 391
- 79 Klepzig, H. u. P. Frisch. Röntgenologische Herzvolumenbestimmung in Klinik und Praxis.
Stuttg. Georg-Thieme-Verl. 1965
- 80 Klepzig, H. u. P. Frisch. über die subtile Durchleuchtung des Herzens.
Mitt. med. Wschr. 102(1960)1353
- 81 Klepzig, H. u. P. Frisch. über die diastolische Schlagvolumenreserve des menschl. Herzens.
Arztl. Forsch. 17(1963) 305
- 82 Klepzig, H. u. P. Frisch. Zur röntgenolog. Diagnose des schlafenden Herzens.
Verh. dtscn. Gesellsch. inn. Med. 70(1964)1955.
- 83 Klepzig, H., H. Reindell, K. Musshoff u. R. Weyland.
über physiologische u. pathophysiologische Grundlagen der Röntgendiagnostik des Herzens.
1. Mitteilung: Anpassungsvorgänge des gesunden Herzens an physiologische Belastungen.
2. Mitteilung: Die Arbeitsweise des Herzens bei Herz- u. Kreislaufkrankungen u. ihre Rückwirkung auf die Herzgröße.
Dtsch. med. Wschr. 80(1955)540 u. 744
- 84 Köhler, A. Teleröntgenographie des Herzens.
Dtsch. med. Wschr. 34(1908)186.
- 85 König, K., Bichmann u. H. Reindell. Vergleichende Untersuchungen über die Größe des Herzvolumens in Bauch- u. Rückenlage
Fortschr. d. Röntgenstr. 107(1967)38

- 86 König, K., H. Reindell, H. Roßkamm u. K. Musshoff.
Die Herzgröße bei muskulärer Schädigung.
Der Radiologe 6(1967)178
- 87 Krauss, H., K. Musshoff, P. Frisch, H. Reindell u. H. Klepzig.
Größen u. Formänderungen des Herzens u. der Lungengefäße
nach Unterbindung eines offenen Ductus arteriosus Botalli.
Dtsch. med. Wschr. 83(1958)530
- 88 Larsson, H. u. S. R. Kjellberg. Roentgen heart volume
determination with a special regard to pulse rate and
positions of body.
Acta radiol. (Stockh.) 29(1948)159
- 89 Lehmkuhl, H. Röntgenologische Untersuchungen des Herzens
im Kindesalter.
Jahrb. f. Kinderh. 123(1929)66
- 90 Liese, E. Fernaufnahme im Liegen.
Dtsch. med. Rundschau 93(1949)
- 91 Liljestrand, G., G. E. Lysholm, G. Nylin and G. E. Zachrisson.
The normal heart volume
Amer. Heart Journal 17(1939)406
- 92 Lind, J. Heart Volume in normal infants et roentgenological
study.
Acta radiol. (Stockh.) 1950. Suppl. LXXXII.
- 93 Linderholm, G. u. T. Strandell. Heart volume in the Prone
and Erect Positions in Certain Heart-cases.
Acta med. Scand. 162(1958)247.
- 94 Linzbach, A. J. Die pathologische Anatomie der röntgeno-
logisch feststellbaren Form u. Größenveränderungen des
menschlichen Herzens.
Fortschr. d. Röntgenstr. 77(1952)1
- 95 Loogen, F., B. Bostroem, V. Gleichmann u. H. Kreuzer.
Aortenstenose, Aorteninsuffizienz.
Forum cardiol 12 1969 hrsg. Boehringer Mannheim GmbH.
- 96 Ludwig, H. Röntgenologische Beurteilung der Herzgröße.
Fortschr. d. Röntgenstr. 59(1939)139
- 97 Ludwig, H. Röntgenaufnahmen des Herzens während bestimmter
Aktionsphasen.
Fortschr. d. Röntgenstr. 57 (1938) 515
- 98 Ludwig, H. Röntgenologische Beurteilung der Herzgröße bei
der Frau.
Fortschr. d. Röntgenstr. 63(1941)311
- 99 Ludwig, H. Kritik des Lungenherzquotienten.
Helvet. med. Acta 13(1946)352
- 100 Lysholm, E. Röntgenoskopischer Modellierungsapparat auch
für Quersektion u. Lokalisation.
Acta radiol. (Stockh.) 7(1926)189.
- 101 Lysholm, E., G. Nylin and K. Quarna. The relation between the
heart volume and strike volume under physiological and
pathological conditions.
Acta radiol. (Stockh.) 15(1934)237
- 102 Maurea, L., G. Nylin, A. Solberger.
Normal heart volume
Acta cardiol. (Brux) 10(1955)336.
- 103 Meythaler, M., H. Fick, W. Haas u. J. Schmid.
Die klinische Größenbeurteilung des Herzens.
Arch. f. Kreisf.-Forsch. 55(1968) 123.
- 104 Meythaler, M., M. Hutzler, P. Grützner u. J. Schmidt.
Die klin. Beurteilung der Herzgröße
Arch. f. Kreisf. Forschung 56(1968)26

- 105 Moritz, F., Eine Methode, um beim Röntgenverfahren aus dem Schattenbilde eines Gegenstandes dessen wahre Größe zu ermitteln, (Orthodiagraphie) und die exakte Bestimmung der Herzgröße nach diesem Verfahren.
Mü.med.Wschr. 29(1900)922
- 106 Moritz, F., Demonstration zur Größe und Fassungskraft des Herzens.
Verh. dtsh. Gesll. Kreisf.-Forsch. 1(1928)125
- 107 Moritz, F., Über die Norm der Größe und Form des Herzens beim Mann.
Dtsh. Arch. klin. Med. 171(1931)431
- 108 Moritz, F., Über Veränderungen der Form, Größe und Lage des Herzens beim Übergang aus korizontaler in verticaler Körperstellung.
Dtsh. Arch. klin. Med. 82(1905)1
- 109 Moritz, F., Zur Beurteilung der Herzgröße.
Fortschr. d. Röntgenstr. 38(1928)993
- 110 Moritz, F., Methodisches u. Technisches zur Orthodiagraphie
Dtsh. Arch. klin. Med. 81(1904)1
- 111 Müller, W. Massenverhältnisse des menschl. Herzens.
Voss-Hamburg-Leipzig 1883.
- 112 Musshoff, K., Das normale Herzvolumen. Ein Beitrag zur funktionellen Beurteilung der röntgenologisch-bestimmten Herzgröße.
Habil.Schr. Freiburg i.Bi. 1959.
- 113 Musshoff, K., Die Methoden der röntgenologischen Herzvolumenbestimmung und ihre Fehlerbreite.
Fortschr. Röntgenstr. 100(1964)165.
- 114 Musshoff, K., Die Ergebnisse der röntgenologischen Volumenbestimmung über die normale Herzgröße. Versuch einer Einordnung.
Fortschr. d. Röntgenstr. 102(1965)237.
- 115 Musshoff, K. u. P.Frisch. Methodische Voraussetzungen der röntgenologischen Herzbeurteilung.
5. Freiburger Symposion vom 6.-8.6.1957
Berlin-Göttingen-Heidelberg Springer Verl. 1958 S.157
- 116 Musshoff, K. u. Ch. Lepke. Die Bedeutung des Restblutes für die Größe und Form des Herzens.
klin. Wschr. 32(1954)1023
- 117 Musshoff, K. u. H.Reindell.
Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung
1. Mitteilung: Der Einfluß der Körperstellung auf das Herzvolumen.
Dtsh. med. Wschr. 81(1956)1001
2. Mitteilung: Der Einfluß der Körperstellung auf die Herzform.
Dtsh. med. Wschr. 82(1957)1075
- 118 Musshoff, K., u.H.Reindell. Herzmaße
in Handbuch der Medizinischen Radiologie Ed. X/1 S. 35
hrsg. v. H. Vieten. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1969.
- 119 Musshoff, K., H.Reindell, W.Geohard, K.König u.H.Roskamm.
Die Methode der röntgenologischen Volumenbestimmung des Herzens.
Der Radiologe 6(1967)161.

- 120 Musshoff, K., H.Reindell, H.Klepzig.
Zur Gültigkeit der Arnoenen Dilatation.
Fortschr.d.Röntgenstr. Beiheft zu 86(1957)10
- 121 Musshoff, K., H.Reindell u. H.Klepzig.
Zur Frage des systolischen Restblutes beim Menschen.
Fortschr. d. Röntgenstr. 88(1958)611.
- 122 Musshoff, K., H.Reindell, H.Klepzig, F.Frisch.
Über die Bedeutung der Restblutmenge für die Herzform
im Röntgenbild.
Fortschr. d. Röntgenstr. Beiheft zu 81(1954)29
- 123 Musshoff, K., H.Reindell, H.Klepzig, F.Frisch, J.Emmrich,
K.König, H.Stein, B.Baumgarten u. F.Moser.
Zur Normgröße des gesunden Herzens.
Fortschr. d. Röntgenstr. 88(1958)88
- 124 Musshoff, K., H.Reindell, H.Klepzig u. R.Weyland.
Die Bedeutung des Restblutes für die Formveränderungen
des Herzens bei Klappenfehlern.
Verh. dtsh. Ges. Kreisf-Forsch. 20(1954)114
- 125 Musshoff, K., H.Reindell, H.Roskamm u. K.König.
Das normale Herzvolumen.
Der Radiologe 6(1967)165
- 126 Natvig, P. The volume of the heart in Millers and
Valsalvas tests.
Acta radiol. (Stockh.) 15(1934)657
- 127 Nice Ch. u. C.W. Hall.
The relationship of the left atrium to the opacified
oesophagus in upright and recumbent positions.
Radiology 65(1955)61.
- 128 Nolte, F.A. Über die Veränderungen der Herzform und
-größe unter der Einwirkung intrapulmonaler Druck-
steigerung nach kardio-kymographischer Untersuchungen.
Fortschr. d. Röntgenstr. 50(1934)211
- 129 Nordenfeld, O. Studien über Valsalvas Versuch in seiner
Anwendung als "Bürgers Pressdruckprobe".
Acta med. scand. 82(1934)645
- 130 Nylin, G. The clinical applicability of roentgenological
heart volume.
Acta cardiol (brux) 12(1957)588
- 131 Nylin, G. The relation between heart volume and stroke
volume in recumbent and erect positions.
Scand. Arch. Physiol 69(1934)237
- 132 Nylin, G. Funktional heart tests and their clinical
significance.
Acta med. Scand. 78(1936)64
- 133 Nylin, G. The clinical applicability of roentgenological
heart volume. Determination with special reference to the
residual blood.
Acta cardiol (Brux.) 12(1957)588
- 134 Otten, M., Die Bedeutung der Orthodiagraphie für die
Erkennung der beginnenden Herzerweiterung.
Arch. klin. Med. 105(1912)370
- 135 Palmieri, G.G., Über eine Methode der plastischen Dar-
stellung des Herzens am Lebenden (Radioplastik)
Acta radiol (Stockh) 10(1929)127
- 136 Palmieri, G.G., Determinazione radiologica dell'scoperta
del cuore (metodo radiopeartico)
Bollet. Scien. Med. 92(1920)51

- 137 Palmieri, G.G., Orthodiagrafia e cardiovolumetria
Studio geometrico spermentale e clinico
G. clin. med. 1(1920) 146
- 138 Pfohl, W., Die Oberflächengröße von Lunge und Herz und
die in der Brusthöhle wirksamen elastischen Kräfte.
Zschr. Anat. Entwickl.-Gesch. 89(1929)387
- 139 Preisich, K., Herzvolumen im Säuglings- u. Kindesalter.
Jahrb. f. Kinderh. 92(1920)400
- 140 Rautmann, H., Die Untersuchung u. Beurteilung der röntgeno-
logischen Herzgröße.
Dr. Dietrich Steinkopff, Darmstadt 1951.
- 141 Reindell, H., Diagnostik der Kreislauffrühschäden.
Stuttgart Ferd. Enke 1949.
- 142 Reindell, H., Größe, Form u. Bewegungsbild des Sport-
herzens.
Arch. f. Kreisl.-Forsch. 7(1940)117
- 143 Reindell, H., H. Kiefer, K. König, H. Steim u. K. Musshoff.
Die Größe des Herzens bei angeborenen u. erworbenen Vitien.
Der Radiologe 6(1967)191
- 144 Reindell H., H. König, W. Gebhardt u. K. Musshoff.
Die Größe des suffizienten u. insuffizienten volumen-
u. druckbelasteten Herzens extracardialer Genese (ausgenom-
men angeborene Vitien).
Der Radiologe 6(1967)183.
- 145 Reindell H., K. König, H. Roskamm. Funktionsdiagnostik des
gesunden u. kranken Herzens.
(Beziehungen zwischen Herzgröße u. Leistung).
Thieme-Verl. Stuttgart 1967
- 146 Reindell H., K. König u. H. Steim.
Therapiebeurteilung, Herzvolumen u. Spiroergometrie.
Verh. dtsh. Gesellsch. f. kreisl.-Forsch. 26(1960)321
- 147 Reindell, H., K. Musshoff, W. Gebhardt, K. König u. H. Roskamm
Die Dynamik des gesunden u. kranken Herzens als Grundlage
einer Beurteilung seiner Größe u. Form
Der Radiologe 6(1967)160
- 148 Reindell H., K. Musshoff u. H. Klepzig
Physiologische u. pathophysiologische Grundlagen der
Größen- u. Formänderungen des Herzens.
Handbuch der Inneren Medizin 4. Aufl. Bd. IX 1
hrsg. von G. U. Bergmann, W. Frey, H. Schwiégk
Springer Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960
- 149 Reindell H., K. Musshoff, H. Klepzig.
regulative u. myogene Dilatation des Herzens.
Fortschr. d. Röntgenstr. 85(1956)385
- 150 Reindell H., K. Musshoff, H. Klepzig u. R. Weyland.
Über eine Art Sofortdiastol des Kreislaufs.
Verh. dtsh. Gesellsch. inn. Med. 60(1954)538
- 151 Reindell, H., K. Musshoff, H. Klepzig, H. Steim, P. Frisch,
G. Metz u. K. König.
Beitrag zur Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken
Herzens.
Mü. med. Wschr. 100(1958)765
- 152 Reindell, H., E. Schildge, H. Klepzig u. H. W. Kirchhoff
Kreislaufregulation
Thieme Verl. Stuttgart 1955
- 153 Rohrer, F.
Volumenbestimmung von Körperhöhlen u. Organen auf ortho-
diagrammatischen Wegen
Fortschr. d. Röntgenstr. 24(1916/17)285

- 154 Roskamm H., E.Gauly, H.Hilsmann u. H.Reindell.
Neuere Untersuchungen zur Form des Herzens in dem verschiedenen Altersstufen.
Der Radiologe 6(1967)168
- 155 Roskamm, H., H.Reindell, K.König u. K.Muschhoff.
Die Herzgröße des leistungsstarken u. leistungsschwachen gesunden Herzens.
Der Radiologe 6(1967)175
- 156 Sauer, E. Orthodiographische herzvolumenbestimmungen im Kindesalter
Zschr. f. Kinderh. 56(1934)416
- 157 Schatzki, K.
Fl. stische, größen- u. lagewahre Darstellung des Herzens.
Fortschr. d. Röntgenstr. 86(1957)696
- 158 Schnellong, F. u. M.Leinemeier
Über die Kreislaufregulation in aufrechter Körperstellung und ihre Störungen.
Zschr. exper. Med. 89(1933)49
- 159 Schlomka, G.
Die Herzfernaufnahme in Bauchlage
Zschr. f. d. ges. Inn. Med. u. ihre Grenzgebiete 5(1956)66
- 160 Schmidt, J. u. P.D. Rampawilas
Die Herzform des Mannes u. der Frau im Röntgenbild
Arch. f. kreisl. Forsch. 25(1957)163
- 161 Schmidt-Zang, F.
Röntgenologische Herzgrößenbeurteilung sowie herzvolumenbestimmung im Liegen u. Stehen an gesunden Erwachsenen, Sportlern u. Kreislaufkranken unter Berücksichtigung der historischen Entwicklung.
Diss. Freiburg Br. 1957
- 162 Schorr, S., F. Dreyfuß and L.Frankel
Evacuation of the recumbent oesophagogram in the early detection of the left atrial enlargement.
Acta radiol (Stockh.) 67(1957)110
- 163 Schwarz, G.
Die Röntgenuntersuchung des Herzens u. der großen Gefäße
Wien, Denticke-Verl. 1941
- 164 Sjöstrand, T.
The significance of the pulmonary blood volume in the regulation of the blood circulation under normal and pathological conditions.
Acta med. scand. 145(1953)155
- 165 Sjöstrand, T.
Volume and distribution of blood and their significance in regulating the circulation
Physiol. Rev. 33(1953)201
- 166 Sjöstrand, T.
Reserveblut u. Kreislaufregulierung
Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 60(1954)543
- 167 Stecher, W.R.
Cardiac mensuration aided by horizontal orthodiagraphy
Am. J. Roentgenol. 42(1939)264
- 168 Taipale, L.
Über einen neuen röntgenologischen Index der Herzgröße
Duodecim 43(1927)32

- 169 Takahashi, Sh., u. Nidaido, T.
A method to take a radiogram of the body in three dimension
J. exper. Med. 54(1951)121
- 170 Takashi, Sh. and T. Skinozaki
Solidography of the heart
acta radiol. (Stockh.) 41(1954)435
- 171 Tamiya, C.
Über ein neues Prinzip für Größenbestimmungen des Herzens
und seine praktische Anwendung.
Fortschr. d. Röntgenstr. 41(1950)62
- 172 Temam, R.
Evaluation du Volume Cardiaque par Orthodiagraphie au
Moyen d'une Formule Géométrique simple.
Diss. Strasbourg 1960
- 173 Thoma, R.
Untersuchungen über die Größe und das Gewicht der
anatomischen Bestandteile des menschlichen Körpers.
F.C.W. Vogel Verl. Leipzig 1882
- 174 Thurn, P., W. Teschendorf
Zur röntgenologischen Volumenmessung des Herzens
Fortschr. d. Röntgenstr. 90(1959)290
- 175 Tschilow, K., u. E. Christoff
Die Wirkung des Aderlasses auf die Herzgröße.
Zschr. exper. Med. 89(1933)173
- 176 Ungerleider H.E. and R. Gubner
Evaluation of heart size measurements
Americ. Heart. J. 24(1942)24
- 177 Ungerleider, H., u. C.F. Clark
A study of the transverse diameter of the heart silhouette
with prediction table based on the teleroentgenogramm
Americ. Heart J. 17(1939)92
- 178 Voss, E.
Röntgenographische Größenbestimmungen des Herzens im
Säuglings- u. Kleinkindesalter
Zschr. f. Kinderh. 48(1929)428
- 179 Wagner, R.
Probleme u. Beispiele biologischer Regelung
Stuttgart Thieme-Verl 1954
- 180 Weiss, K.
Der Wert der Röntgen-Fernphotographie für vergleichende
Untersuchungen der Herzgröße
Med.Klin. 21(1925)402
- 181 Weiss, K.
Über teleradiologische Vergleichsaufnahmen
Wien. med. Wschr. 70(1920)550
- 182 Wiggers, C.J. and L.H. Katz
The contour of the ventricular volume curves under
different conditions
Amer. J. Physiol. 58(1922)439
- 183 Zehbe, M. Beiträge zur Röntgenuntersuchung des Herzens
Fortschr. d. Röntgenstr. 26(1917)424
- 184 Zdarski, E.
Röntgendiagnostik des Herzens u. d. großen Gefäße
3 Aufl. Wien, Springer-Verl. 1949
- 185 Zdarsky, E. über die Veränderungen der Herzgröße u. -form
nach einmaliger Arbeitsleistung.
Zschr. klin. Med. 131(1936)112

- 186 Zdansky, E. Die Funktion des Herzens im Röntgenbild
Fortschr. d. Röntgenstr. 76(1952)275
- 187 Zseböck, Z., E.Egedy, V.Somogy
Klin. Symptome bei Lageveränderungen des Herzens
Zschr. f. Kreisl. Forsch. 42(1953)353
- 188 Zwaluwenburg, van J.R. u. L.F.Warren
The diagnostik value of the orthodiagram in heart
disease
Arch. Int. Med. 7(1911)137

Herrn Prof. Dr. med. H. Klepzig danke ich für das Thema der Dissertation sowie für die Betreuung und das Interesse, das er mir im Verlauf meiner Arbeit entgegenbrachte.

Herrn Oberarzt Dr. med. P. Frisch danke ich für die wertvolle Hilfe, die er mir bei der Bestimmung der Herzvolumina gewährte.

Dem Institut für medizinische Statistik und Dokumentation an der Universität Mainz (Dir. Prof. Dr. S. Koller) danke ich für die statistische Beratung.

Lebenslauf

Am 17. Januar 1933 wurde ich als viertes Kind des Schuhmachers Josef Watzke und seiner Ehefrau Otti Watzke in Karbitz (CSR) geboren. 1939 kam ich in die Volksschule. Die Ereignisse des Kriegsendes 1944/45 unterbrachen meine Schulausbildung, zumal unsere Familie im September 1946 im Rahmen der Evakuierung der Deutschen aus der CSR nach Mecklenburg kamen. Dort besuchte ich die Oberschule in Boizenburg/Elbe und legte 1952 das Abitur ab. Im selben Jahr begann ich das Studium der Germanistik an der Universität Rostock und legte 1956 das Staatsexamen der Philosophischen Fakultät der Universität Rostock ab. Anschließend war ich Fachlehrer für Deutsch an der Grund- und Oberschule in Wittenburg/Mecklenburg. 1958 übersiedelte ich in die Bundesrepublik und begann hier das Studium der Medizin in Gießen. 1965 legte ich an der Medizinischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg das Staatsexamen ab. Nach meiner Medizinalassistentenzeit, die ich in Erlangen, Wiesbaden, Aschaffenburg und Herne absolvierte, war ich wissenschaftlicher Assistent an der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen und seit 1. 12. 1968 bin ich Assistenzarzt in der Klinik für Herz- und Gefäßkrankheiten der KVB in Königstein.

1
Karl Watzke

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

